

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÍ**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**LIBEREC 2013**

**Bc. PETRA ZÁKRAVSKÁ**

# TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

## FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: N3108 Průmyslový management

Studijní obor: Produktový management – Strojírenství

### POROVNÁNÍ KLASICKÉ METODY MĚŘENÍ SPLÝVAVOSTI S INOVOVANOU METODOU

### COMPARISON OF CONVENTIONAL AND INNOVATED METHOD OF MEASURING DRAPE

KHT-200

**Vedoucí diplomové práce:** Ing. Ludmila Fridrichová, Ph.D.

**Rozsah práce:**

Počet stran textu... 54

Počet obrázků..... 28

Počet tabulek..... 8

Počet stran příloh.9

## Zadání diplomové práce

Porovnání klasické metody měření splývavosti s inovovanou metodou

Zásady pro vypracování:

1. Formou literární rešerše shrňte dosavadní vědomosti o způsobu měření splývavosti textilií.
2. Vytvořte jednoduchý přípravek pro nově navrženou metodiku zjišťování splývavého tvaru vzorku a proveďte experimenty.
3. Splývavé tvary hodnotěte dvěma způsoby: klasickou metodou a pomocí obrazové analýzy. Porovnejte obě metody hodnocení splývavého tvaru.
4. Na základě provedené analýzy navrhnete další vylepšení metodiky měření splývavého tvaru.

Shyr, Tien-Wei, Pin-Ning Wang, and Jer Yan Lin. "Subjective and objective evaluation methods to determine the peak-trough treshold of the drape fabric node." Textile Research Journal 79.13 (2009): 1223-1234.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci dne 24. 5. 2013

.....  
Podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji vedoucí diplomové práce Ing. Ludmile Fridrichové, Ph.D. za hodnotné rady a připomínky k práci a čas, který mi věnovala při zpracování této práce. Vřelé poděkování také náleží doc. Ing. Marošovi Tunákovi, Ph.D a doc. Petru Volfovi, CSc., prom. mat. za odbornou spolupráci při tvorbě experimentální části.

Poděkování patří Martinovi Janíčkovi za dodání potřebného materiálu, bez něhož by moje experimentální část nemohla být realizována.

Ráda bych poděkovala svému přítelovi a rodičům za bezmeznou podporu, kterou mi poskytovali po celou dobu mého studia.

## ANOTACE

V literární rešerši jsou uvedeny definice splývavosti a normy definující měření splývavosti. Dále jsou shrnuty dosavadní vědomosti o způsobu měření splývavosti textilií.

Experimentální část diplomové práce se zabývá vytvořením jednoduchého přípravku pro nově navrženou metodiku zjišťování splývavého tvaru vzorku. S nově navrženým přípravkem bylo velmi úzce spojeno i navržení nové hodnotící metody splývavého tvaru. Dále bylo provedeno ověření vyslovených hypotéz. První vyslovená hypotéza pojednává o tom, zda splývavost lze lépe hodnotit pomocí tří veličin popisujících splývavý tvar – obsah obrazce, obvod obrazce, počet laloků. Druhá hypotéza pojednává o tom, zda v případě, že bude proměřeno méně vzorků s větším množstvím opakování, bude získána dostatečná charakteristika splývavého tvaru. V neposlední řadě bylo na základě analýzy navrženo vylepšení metodiky měření splývavého tvaru.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** splývavost, koeficient splývavosti, obrazová analýza, drapemeter

# ANNOTATION

The first part contains the definitions and standards defining the drape measurements. A summary of the current knowledge about how to measure the drapery fabric.

The experimental part of the thesis deals with creating a simple product for the newly proposed methodology of survey the shape of drape sample. Newly designed product has been very closely linked and propose of new evaluation methods of a drape shape. Furthermore, there was performed a verification of expressed. The first spoken hypothesis discusses whether the drape shape can be assessed better with using three variables describing the drape shape – content of a geometric figure, circuit patterns, the number of nodes. The second hypothesis is about whether if measurement of fewer samples with more repetition, will provide an adequate characteristics of the drape shape. Finally, an analysis was designed how to improve the measurement method of the drape shape.

**KEY WORDS: drape, drape coefficient, image analysis, drapemeter**

## Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů.....	10
Úvod.....	11
1. Splývavost.....	12
1.1 Normy definující měření splývavosti .....	15
2. Metody měření splývavosti.....	17
2.1 Měření splývavosti podle Cusicka .....	17
2.2 Měření splývavosti podle ČSN 80 0835 .....	19
2.3 Měření splývavosti přístrojem F.R.L. drapemeter .....	20
2.4 I.T.F. drapemeter .....	22
2.5 Měření pomocí fotovoltických drapemeterů.....	22
2.6 Metoda obrazové analýzy .....	23
2.7 Měření splývavosti pomocí přístroje Sylvie 3D Drape Tester .....	25
2.8 Dynamické drapemetry .....	26
2.9 Alternativní drapemetry .....	27
3. Výzkum v oblasti subjektivního a objektivního hodnocení splývavosti .....	28
4. Experimentální část.....	35
4.1 Materiály použité na experiment .....	36
4.2 Příprava materiálu před samotným experimentem .....	36
4.3 Navržení jednoduchého přípravku pro měření splývavosti .....	37
4.3.1 Měření splývavosti – metoda A .....	38
4.3.2 Měření splývavosti – metoda B .....	39
4.3.3 Porovnání metody A a metody B.....	42
4.4 Hodnocení splývavého tvaru .....	45
4.4.1 Zkoumání proměnlivosti splývavého tvaru .....	46
4.4.2 Hodnocení splývavého tvaru – hodnocení I .....	47



4.4.3	Hodnocení splývavého tvaru – hodnocení II .....	49
4.4.4	Hodnocení splývavého tvaru – hodnocení III.....	51
4.4.5	Porovnání hodnotících metod .....	52
4.4.5.1	Porovnání hodnocení I a hodnocení IIA .....	53
4.4.5.2	Porovnání hodnocení IIB a hodnocení III.....	54
4.4.6	Ověření opakovatelnosti použití hodnotící metody – hodnocení III .....	56
4.5	Porovnání klasické metody a metody obrazové analýzy – hodnocení III .....	58
4.6	Navržení jednoduchého účelového zařízení .....	62
5.	Závěr .....	63
	Seznam použitých literárních zdrojů .....	65
	PŘÍLOHY .....	67
	PŘÍLOHA A .....	68
	PŘÍLOHA B .....	70
	PŘÍLOHA C .....	71
	PŘÍLOHA D .....	75

## Seznam použitých zkratk a symbolů

ANOVA	analýza rozptylu
ASTM	American Standard Test Method (americká norma)
BS	British Standards (britská norma)
BMP	počítačový formát pro ukládání rastrové grafiky
cca	přibližně
č.	číslo
ČSN	česká státní norma
DC [%]	koefficient splývavosti
I.T.F.	Institut Textile de France
F.R.L.	Fabric Research Laboratories
min.	minuta
2D	dvojdímenzionální
3D	trojdímenzionální
s.	strana
tj.	tj.
obr.	obrázek
ot.	otáčky
pixel	obrazový prvek
sek.	sekunda
viz	lze vidět

## Úvod

Odívání je možné označit jako základní projev kultury daného národa. Mimo jiné plnil oděv ochranné funkce a v neposlední řadě se stal symbolem postavení jedince. Hlavním impulsem v odívání se stala móda. O módě se hovoří jako o časově limitovaném, společností přijímaném a uznávaném názoru na vnější kulturní projevy. Úkolem módy není pouze odívání, ale i styl života, který vedeme. Je to umění, technika a příslušnost ke společenskému uznání. Móda je nástrojem, jak ukojit touhu a potřebu vidět krásno a mít z toho nemalý požitek. Čím vyzrálejší a kulturnější bude společnost, tím větší budou kladeny nároky na kvalitní, elegantní a módní výrobek. Přesně to popisuje dnešní doba. Zákazníci mají větší nároky při výběru textilií. Kladou velké nároky na jejich kvalitu a vzhled.

Při výběru textilie je důležitým parametrem splývavost plošných textilií. Splývavost plošných textilií je schopnost vytvářet esteticky působící záhyby při zavěšení v prostoru. Textilie se deformují vlivem gravitační síly.

Jak již bylo uvedeno, v dnešní době, udávané módními tendencemi se klade velký důraz na kvalitu a použitelnost textilií. Díky kladeným nárokům na textilie a oděvy nabírá měření stupně splývavosti na důležitosti a je mu věnována náležitá pozornost.

Cílem diplomové práce je prokázání, zda platí vyslovené hypotézy. První vyslovená hypotéza stanovuje, zda lze splývavost lépe hodnotit pomocí tří veličin popisujících splývavý tvar. Obsah obrazce, obvod obrazce a počet záhybů. Druhá hypotéza stanovuje případ, že pokud bude proměřeno méně vzorků (například dva) s velkým množstvím opakování (například 100) v porovnání s pěti proměřenými vzorky (s pěti opakováními), bude získána dostatečná charakteristika splývavého tvaru.

V teoretické části jsou formou literární rešerše shrnuty dosavadní vědomosti o způsobu měření splývavosti textilií. Nejprve je popsán pojem splývavost. Dále jsou vypsány normy a metody, které udávají měření splývavosti. V jedné z kapitol je uveden výzkum v oblasti objektivního hodnocení splývavosti. V experimentální části jsou popsány použité textilní materiály, navržené měřicí metody a hodnocení splývavého tvaru. Porovnávána je klasická metoda s metodou pomocí obrazové analýzy. Uvedeno je rozvinutí splývavé křivky. V neposlední řadě jsou popsána vylepšení jednoduchého přípravku pro nově navrženou metodiku.

## 1. Splývavost

Výběr textilního materiálu s vhodnými vlastnostmi je jedním z nejdůležitějších kroků před samotnou oděvní výrobou. Důležitým parametrem v oděvním průmyslu je také splývavost. Splývavost, spolu s barevným odstínem textilie a texturou ovlivňuje estetiku a dynamickou funkčnost tkaniny. Tato rozhodující charakteristika textilie stanovuje, jestli bude oděvní výrobek kopírovat ladné křivky lidského těla, nebo zda bude na člověku nepřírozeně a nepříjemně trčet. Splývavý materiál dodává oděvu pocit plnosti a elegantní vzhled. Z tohoto důvodu někteří módní návrháři a výrobci oděvů, při výběru textilie na své oděvy používají 3D virtuální prezentaci textilních materiálů. Tento nástroj je velice efektivní pro textilní průmysl, ale má své nedostatky. Shledaným nedostatkem bylo nedostatečné zastoupení různých druhů tkanin v databázi. Technologie virtuálního modelování by měla brát v úvahu povahu simulované textilie a měla by dokázat předpovědět, jak bude vypadat konečný výrobek. Mechanika tkanin je však složitější než běžné konstrukční materiály, jako je například ocel. Jednou z hlavních překážek při tvorbě virtuální prezentace je nepochopení toho, jak ovlivňují mechanické vlastnosti splývavost materiálu. Dalším problémem je komplikovaná skutečnost, že různé druhy textilií vykazují rozdílné splývavé chování. Například pleteniny obvykle vykazují lepší splývavé chování než tkaniny. Tento závěr je vyvozen z mnoha experimentů, které byly na uvedené téma provedeny. [10]

V literatuře a v jiných odborných zdrojích se setkáváme s velkým množstvím definic splývavosti. Avšak všechny definice vycházely ze stejného faktu, a to toho, že splývavost je deformace textilie. Pro přiblížení problematiky budou uvedeny následující definice.

Základní definice splývavosti popisuje splývavost jako deformaci textilie, která vznikne působením gravitační síly. Jak vychází ze základní definice splývavosti, lze předpokládat její vztah k ohybu, mechanickým modulům a struktuře. Dále také lze tvrdit, že hodnota vypočteného koeficientu splývavosti závisí na mechanických vlastnostech a struktuře textilie, ale i na definici koeficientu splývavosti či na použitých metodách měření splývavosti. [4]

„Splývavost textilie je definována jako schopnost vytvářet esteticky působící záhyby při zavěšení v prostoru. Vzniklé záhyby jsou výsledkem prostorové deformace.“ [5]

„Splývavost je popisována jako schopnost plošné textilie vytvářet prostorové deformace ve tvaru záhybů zaobleného tvaru, kterých se dosáhne jejím upnutím v kruhové horizontální čelisti. Splývavé okraje a záhyby kruhového vzorku na něm charakterizují tuto prostorovou poddajnost.“ [6]

„Při použití kruhově vystřižené textilie, jejím umístěním na kruhovou podložku, deformací gravitační silou a následným obkreslením promítnutého tvaru je splývavost definována jako poměr původní plochy kruhové textilie k ploše průmětu. Takto definovaná splývavost popisuje charakteristiku textilie jako celku integrálně.“ [7]

„Splývavosti plošných textilií je mechanická vlastnost, kdy je textilie deformována vlastní tíží.“ [7]

„Schopnost textilie vytvářet prostorové deformace ve tvaru zaoblených záhybů vlivem zemské gravitace. Jedná se prakticky o jakousi prostorovou poddajnost textilie.“ [8]

„Splývavost je souhrn vlastností plošné textilie, jako je vláčnost, poddajnost a ohebnost. Vyjadřuje se poměrem mezi plochou zkoušených vzorků a plochou průmětů vzorků k ploše mezikruží. Výsledek se uvádí v procentech.“ [9]

Glombíková, Halasová a Vítová ve svém příspěvku uvádějí, že splývavost plošné textilie bývá ovlivňována vlastnostmi textilie, jako takové a vlastnostmi příze použitého materiálu. [8]

Vlastnosti ovlivňující splývavost textilie:

- Geometrické vlastnosti: tloušťka, vazba, dostava a další.
- Mechanicko – fyzikální vlastnosti: tuhost v ohybu, třecí vlastnosti, plošná měrná hmotnost a další.
- Vlastnosti příze a vláken použitých na výrobu textilie: jemnost, počet zákrutů, materiálové složení a další. [8]

Polohu a tvar, respektive rozložení, jednotlivých vln po celé kontuře splývající délky vzorku v nemalé míře ovlivňuje anizotropie. Anizotropie je popisována jako vlastnost, kterou se udává závislost fyzikálních vlastností prostředí na směru, ve kterém se měří.[8]

Hu a Chan ve své studii zkoumali vztah mezi splývavostí tkaniny a jejími mechanickými vlastnostmi. Mezi mechanické vlastnosti, které určitým způsobem ovlivňují splývavost, uvedli plošnou hmotnost textilie, ohyb, povrch textilie, smyk, stlačení (deformace příze ve vazných bodech plošné textilie) a tahovou sílu. Uvádějí, že všechny tyto vyjmenované parametry mají vliv na splývavost. Některé však mají větší vliv než ostatní parametry. Výsledkem jejich experimentu bylo seřazení následujících faktorů v pořadí podle stupně důležitosti. Došli k závěru, že největší vliv na splývavost má ohyb. Dále pak tahová síla v textilii, smyk, plošná hmotnost textilie, povrch a stlačení (deformace příze ve vazných bodech plošné textilie). [10]

Suman Pant ve svém článku uvádí, že kvalita splývavosti je ovlivněna tuhostí vlákna a příze, jemností příze a strukturou příze. Konstatuje, že bavlněné vlákno je tvrdé a tuhé, tudíž textilie vyrobené z bavlněných vláken dosahují horší splývavosti. Oproti tomu vlněné vlákno je měkké a zaručuje lepší splývavost než bavlněné vlákno. Uvádí, že přípravky použité na úpravu povrchu textilií mohou měnit kvalitu splývavosti. Škrobení zvyšuje hmotnost textilie a tuhost textilie. Pryskeřice může například vytvářet různé nežádoucí efekty. Emulze, silikonové změkčovače dodávají materiálu měkkost.[11]

Cusick zjistil, že ohybová délka a tuhost mají vysokou korelaci s koeficientem splývavosti. Sudnik studoval další parametry, které mohou ovlivňovat splývavost a posléze koeficient splývavosti. Jako parametry, které mají výrazný vliv, uvedl délku ohybu, plošnou hmotnost tkaniny a smykové vlastnosti tkaniny.

Přestože se nejedná o kompletní výčet vlastností, které popisují splývavé chování textilie, může koeficient splývavosti poskytovat objektivní hodnocení deformace. Dudová ve své práci uvádí, že Nízký koeficient ukazuje na snadnou deformovatelnost textilie. Splývavost velmi úzce souvisí s tuhostí. Velmi tuhé textilie mají koeficient tuhosti blízko k 100% a oproti tomu textilie s minimální tuhostí mají koeficient splývavosti téměř 0%. [12]

Další parametr, který souvisí se splývavostí a má značný vliv na DC je kromě ohybové tuhosti také smyková tuhost.

Mooreka analyzoval vztah mezi koeficientem splývavosti a mechanickými vlastnostmi. Došel k závěru, že ohybová tuhost a plošná hmotnost jsou nejvíce ovlivňujícími parametry. Chaudhary provedl studii, která byla založena na experimentu, jestli splývavost neovlivňují i tkací parametry. Zeong a Philips zjistil, že plošné zakrytí tkaniny má velký vliv na splývavost tkanin, protože ovlivňuje ohybovou tuhost. Chen a Govindrah uvedli, Youngův modul, modul pružnosti ve smyku a tloušťka textilie mají různé účinky na rozsah splývavosti tkaniny, ale naopak Poissonův poměr<sup>1</sup> nemá podstatný vliv na splývavost. [11]

Autoři Niwa a Seto spolu publikovali odborný článek o vztahu mezi splývavostí a mechanickými vlastnostmi. V jejich článku byly použity mechanické parametry  $(B/W)^{1/3}$ ,  $(2HB/W)^{1/3}$ ,  $(G/W)^{1/3}$  a  $(2HG/W)^{1/3}$  jako nezávislé proměnné. Značí ohybovou tuhost, 2HB je hystereze v ohybu, W je plošná hmotnost, G smyková tuhost a 2HG je smyková hystereze. Kombinace uvedených parametrů byla odvozena z analýzy ohybu a jednostranně vetknuté textilie s hysterezí v ohybu a smyku za použití teorie pružnosti. Rovnice, jež popisuje koeficient splývavosti [12]:

$$DC = b_0 + b_1 \sqrt[3]{\frac{B}{W}} + b_2 \sqrt[3]{\frac{2HB}{W}} + b_3 \sqrt[3]{\frac{G}{W}} + b_4 \sqrt[3]{\frac{2HG}{W}}, \quad (1)$$

kde  $b_0$  a  $b_i$  jsou konstanty. [12]

Z těchto odborných článků a studií je zřejmé, že splývavost textilie je ovlivněna geometrickými vlastnostmi, mechanicko – fyzikálními vlastnostmi.

## 1.1 Normy definující měření splývavosti

Česká norma **ČSN 80 0835** Zkoušení splývavosti plošných textilií, vydaná roku 1971. Norma spadá do třídy 8008 Zkoušení textilních plošných výrobků. Norma obsahuje popis metody měření splývavosti a určování koeficientu splývavosti metodou planimetrování. V roce 2008 byla tato norma zrušena a nebyla vydána přímá náhrada zmiňované normy. Norma je neplatná. [12]

---

<sup>1</sup> Poissonův poměr je definován jako poměr poměrného příčného zkrácení k poměrnému podélnému prodloužení v oblasti pružných deformací. Hodnota vyjadřuje pružnou stlačitelnost tělesa. Tzn. schopnost zmenšovat, nebo zvětšovat svůj objem během pružné deformace.

**Interní norma č. 23-202-01/01** Splývavost tkanin. Ohyb přes ostrý roh. Norma byla schválena a vydána v roce 2003. Byla vypracována v rámci výzkumného centra Textil LN00B090. V normě je popisováno hodnocení splývavého úhlu u tkanin a některých vybraných pletenin ohybem proměřovaných vzorků přes ostrý roh (90°) horizontálního měřicího stolu v důsledku jejich vlastní váhy. Vzorek tkaniny čtvercového tvaru při ohybu přes ostrý roh vytváří šikmou ostrou a rovnou hranu. Měřen je odklon od horizontální roviny. Hledanou veličinou je v tomto případě sinus úhlu  $\varphi$ , který vznikl mezi splývavou hranou a horizontální rovinou. Tuto normu nelze nalézt v žádné známé normě. Pouze lze najít podobný princip deformace měřené textilie vlastní vahou pro stanovení splývavosti textilií. Tento princip byl použit v britské normě BS 5058:1971 a ve francouzské normě č. NF H 07 109. [13]

**BS 5058:1973** Method for the assesment of drape of fabric. Britská norma, ve které je popsán způsob zjišťování koeficientu splývavosti. Standard definuje koeficient splývavosti jako procento celkové plochy k mezikruží tkaniny získané vertikálně promítnutím stínu pověšeného vzorku. Koeficient splývavosti se zjišťuje metodou gravimetrie, což je metoda využívající studium tvarů a rozměrů. Měření je realizováno umístěním kruhového vzorku mezi dva disky. Menší horizontální disk a nosný disk. Po umístění vzorku mezi disky dojde k tomu, že volné konce začnou splývat směrem dolů a vznikají záhyby. Stín, který splývá je následně obkreslen na papír. Koeficient splývavosti se pak vypočítá ze dvou hmot. Poměrem váhy původního papíru a váhy papíru, který byl vystřižen podle promítnutého obrysu vzorku. [14]

**IS 8357:1977** Methods for assesment of fabric drape. Tato norma zavádí následující definici splývavosti. Splývavost je zde definována jako oblast stínu pověšeného vzorku vyjádřeného procentem plochy mezikruží tkaniny. Princip vyhodnocování koeficientu splývavosti spočívá v tom, že kruhové vzorky tkaniny jsou upevněny mezi dvěma vodorovnými disky menšího průměru. Vzorek opět splývá působením zemské tíže. Dochází k projekci obrysu pověšeného vzorku. Obrys je zaznamenán na světlocitlivém papíře. Obdobně jako u výše uvedeného standardu BS 5058:1973 se k vyhodnocování používá metoda gravimetrie. [14]



## 2. Metody měření splývavosti

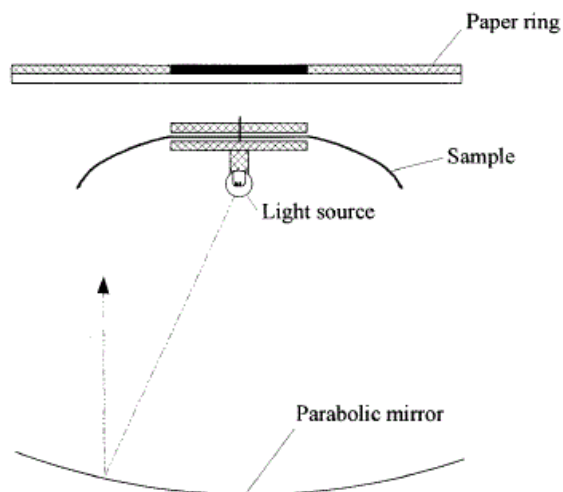
Splývavost plošných textilií je důležitým parametrem při výběru textilie. Ve většině případů rozhoduje o použitelnosti pro specifické účely. Z tohoto důvodu je měření splývavosti věnována náležitá pozornost. Splývavost plošných textilií závisí na základních mechanických vlastnostech textilie a na vlastnostech použitých materiálů. Průkopníkem v měření splývavosti byl Pierce v roce 1930. Jako první představil objektivní metody pro měření splývavosti. Dnes je nejdostupnější metodou pro kvantifikaci splývavosti v textilním průmyslu měření koeficientu splývavosti. Většina aparatur, na kterých je měřena splývavost a posléze koeficient splývavosti vychází z metody měření podle Cusicka. Princip těchto přístrojů je založen na porovnání plochy průmětu splývajícího kruhového vzorku do roviny rovného vzorku a plochy tohoto původního vzorku. Získaná hodnota, ale blíže nepopisuje samotný tvar a jiné parametry splývavého vzorku. Jako je například počet vln, velikost a tvar vln, jejich rozmístění na obvodu vzorku. Hodnocení splývavosti je z tohoto důvodu nesnadným úkolem. [8]

### 2.1 Měření splývavosti podle Cusicka

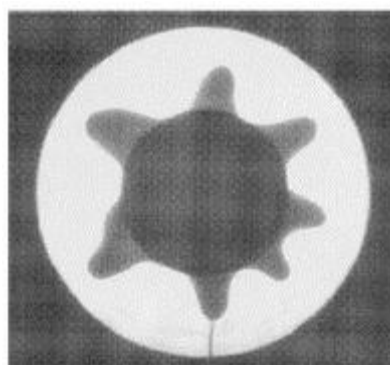
Cusick přinesl velký přínos pro praktické měření splývavosti tkanin. Vyvinul Cusickův drapemeter, který se stal hojně využívaným přístrojem pro měření splývavosti. Z principu klasického přístroje podle Cusicka vychází řada dalších výzkumů. Cusick zavedl jednoduchou metodu určování splývavosti vážením. [8] Ze získaných hodnot se vypočítá koeficient splývavosti DC. Ten se stanovuje jako poměr mezi hmotností vystřižené oblasti stínu a celkové hmotnosti papíru, který je ve tvaru kruhu. Koeficient splývavosti poskytuje objektivní popis deformace. [16]

Cusickův drapemeter (obr. 1) se skládá ze dvou malých horizontálních disků o průměru 18 cm. Mezi disky se vloží textilní vzorek, jež má tvar kruhu o průměru 36 cm. Vzhledem k tomu, že disky mají menší průměr než samotný textilní vzorek, dochází ke splývavosti volných okrajů textilie. Okraje splývají pod vlastní vahou, tj. působením gravitační síly a formují se do záhybů. Pod horizontálními disky je umístěn světelný zdroj, jehož světlo se odráží od parabolického zrcadla, které je umístěno ve spodní části přístroje. Odraz světla umožní projekci stínu zřasené textilie. Obrys stínu se promítne na papír kruhového tvaru (obr. 2), který je umístěn na horní desce drapemeteru. Obrys se

obkreslí.[16] Následuje vážení. Nejprve se zváží původní kruhový vzorek, tím se získá hodnota  $W_1$ . Hodnota  $W_2$  je získána vystřížením a následným zvážením tvaru podle zakresleného obrysu stínu. [12]



Obr. 1 Schéma Cusickova drapemeteru [16].



Obr. 2 Horní pohled na stín splývajícího textilního vzorku [16].

Koeficient splývavosti, označován také jako DC se vypočítá podle vzorce:

$$DC = \frac{W_2}{W_1} \cdot 100 [\%], \quad (2)$$

kde  $W_1$  je váha původního papírového vzorku

$W_2$  je váha vystříženého papírového vzorku [12]

U papíru se předpokládá, že má konstantní hmotnost na jednotku plochy, takže naměřená hmotnost je úměrná ploše. Čím vyšší je koeficient splývavosti, tím je tkanina tužší. Zkoušky by měly být podrobeny alespoň dva zkušební vzorky. [16]

## 2.2 Měření splývavosti podle ČSN 80 0835

V roce 1971 byla vydána ČSN 80 0835, celým názvem Zkoušení splývavosti plošných textilií průmětem. Splývavost se zjišťuje podle zakresleného tvaru promítnutého na plochu přístroje. Postup při provádění zkoušky je následující. Na kruhový stojan s průměrem 180 mm se umístí kruhový vzorek plošné textilie s průměrem 300 mm. Vzorek před měřením nesmí být pomačkán a nesmí vykazovat přehyby a jiné deformace. Na textilní vzorek se vyznačí směr osnovy a útku. Následuje promítnutí přes průsvitnou desku. Promítne se 2D obraz splývající plošné textilie, který se zakreslí na průsvitný papír. [12] V případě absolutně nesplývavého materiálu se plocha průmětu rovná skutečné ploše zkušebního vzorku. V opačném případě, tedy v případě absolutně splývavého materiálu se plocha průmětu ztotožňuje s plochou vnitřního kruhu držícího tkaninu. [15] Metodou planimetrování se získá plocha průmětu, ze které se pak vypočítá koeficient splývavosti. Výsledek vyjde v procentech. Z důvodu přesnějšího určení se zkoumají dva vzorky a obrys se zakresluje oběma směry, tj. zprava doleva a zleva doprava. Tímto se získá průměrná plocha ze čtyř vzorků. [12]

Koeficient splývavosti  $\chi$  se vypočítá podle vzorce:

$$\chi = \frac{S - \bar{S}_p}{S_m} \cdot 100 [\%], \quad (3)$$

kde  $S$  je plocha zkoušené textilie

$\bar{S}_p$  je průměrná plocha průmětů

$S_m$  je plocha mezikruží, tj. plocha vzorků způsobila ke splývání [12]

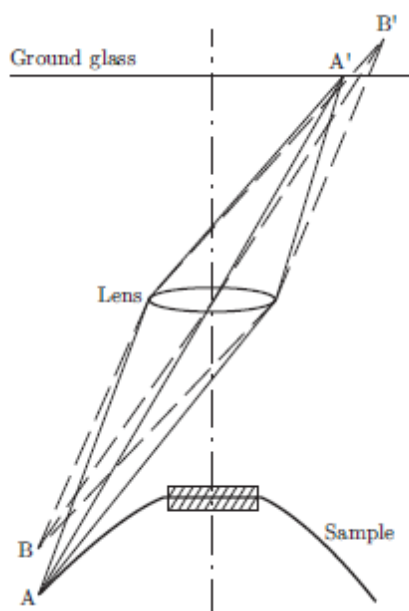
Pro měření splývavosti existuje několik metod měření. Většina známých způsobů zjišťování splývavosti vychází ze stanovení změny tvaru vzorku na vodorovné ploše při zavěšení v prostoru. Z toho principu vychází i měření splývavosti podle české státní normy ČSN 80 0835. Na základě zkušeností s měřením splývavosti bylo shledáno několik následujících nedostatků. Vzhledem k tomu, že se obrysy získávají manuálním zakreslováním a určováním plochy průmětů pomocí planimetru, je výsledek významně ovlivněn lidským faktorem, a tak mohou vznikat chyby. Lidský faktor také hraje svoji roli při umísťování vzorků na stojan. Také rychlost a způsob položení vzorku na stojan ovlivňuje tvar drapérie. Dalším shledaným nedostatkem je fakt, že norma vyjadřuje

splývavost koeficientem splývavosti. Ten však nevyjadřuje úplný popis o splývavém chování textilie. Nejsou zde zahrnuty aspekty, jako je počet, tvar a rozložení vln. [12]

## 2.3 Měření splývavosti přístrojem F.R.L. drapemeter

Drapemetry, které dokázaly měřit pouze ve dvou směrech, nebyly spolehlivými přístroji pro měření splývavosti. V důsledku tohoto nedostatku byl představen pracovníky z Fabric Research Laboratories v Massachusetts nový optický přístroj, F.R.L. drapemeter, jež umí měřit ve třech směrech. Splývavost je měřena kvantitativním způsobem a tím jsou ukázány významné anizotropní vlastnosti zkušebních vzorků.

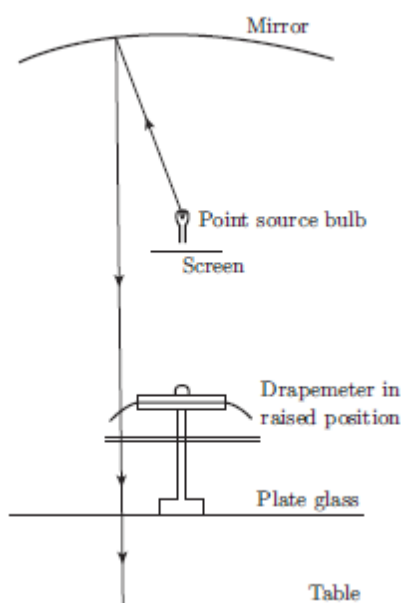
Nově představený přístroj F.R.L. drapemeter je optický přístroj, kde je testovaný textilní vzorek sevřen mezi dvě vodorovné desky (disky). Kruhové disky jsou připevněny na pohyblivém podstavci (pohyb směrem nahoru a dolů) a umístěny tak, aby se disky nemohly dotknout základny přístroje. Nad kruhovými disky je umístěna vrstva broušeného skla, na kterou je promítnut prostřednictvím systému čočky obraz stínu splývavého textilního vzorku. Z vrstvy skla se vzniklá plocha obkreslí na papír. Schéma F.R.L. drapemeteru je znázorněno na obr. 3. Metodou planimetrování se změří plocha průmětu, ze které se vypočítá koeficient splývavosti. [17]



Obr. 3 Schéma F.R.L. optického drapemeteru [17].

V roce 1962 došlo k inovaci přístroje badatelem Cusickem, který zapracoval především na konstrukci přístroje. Na vylepšeném zařízení se používá textilní vzorek o

průměru 30 cm. Ten je vložen mezi dva kruhové disky o průměru 18 cm. Obrys stínu splývavé textilie je promítnut na stůl (pod kruhovými disky) pomocí světelného zdroje a sférického zrcadla (produkce paralelního vertikálního světla). Světelný zdroj i sférické zrcadlo jsou umístěny nad kruhovými disky svírající textilii. Na stole, kam se promítá stín splývavé textilie je umístěn papír, na který je stín obkreslen. Inovovaný F.R.L drapemeter je znázorněn na obr. 4. Planimetrováním se získá plocha průmětu, ze které se pak vypočítá koeficient splývavosti. [17]



Obr. 4 F.R.L. drapemeter inovovaný Cusickem v roce 1962 [17].

Koeficient splývavosti je vypočítán podle následujícího vzorce:

$$DC = \frac{S - \pi \cdot r^2}{\pi \cdot R_1^2 - \pi \cdot r^2} \cdot 100 [\%], \quad (4)$$

kde R je poloměr původního vzorku  
r je poloměr podpěrné čelisti (disku)  
S je plocha průmětu splývající textilie [12]

I přes to, že byl přístroj vylepšen a metody měření splývavosti zdokonaleny, Cusick v roce 1968 přišel s novými návrhy, jak měření ještě zlepšit. Přišel celkem se třemi nápady s méně nákladnými a zdlouhavými postupy. První návrh spočíval v tom, že se budou používat textilie, které budou mít jeden ze tří uvedených průměrů: 24 cm, 30 cm a 36 cm. V druhém nápadu je představena myšlenka použití méně nákladného

optického systému – divergentní světlo<sup>2</sup>. Poslední návrh popisuje to, že by se při zjišťování plochy průřezu neměla používat metoda planimetrování, ale metoda vážení. Koeficient splývavosti by se pak počítal z hmotnostního poměru. [17]

## 2.4 I.T.F. drapemeter

V pletářském středisku při francouzském textilním institutu v Troyes (Institut Textile de France) vyvinuli novou metodu pro měření splývavosti. Nový způsob měření spočívá v přímém měření vzorku. To znamená, že se nevychází na rozdíl od předchozích metod měření z projekce zkoušeného vzorku. [12] Koeficient splývavosti se vypočítá podle následujícího vzorce:

$$F = \frac{S_c - S_j}{S_t - S_j} = \frac{\bar{d}^2 - d_j^2}{d_t^2 - d_j^2} \cdot 100 [\%], \quad (5)$$

kde	$\bar{d}$	je střední průměr z naměřených průměrů [mm]
	$S_c$	je plocha vypočítaná ze středního průměru $d$ [mm <sup>2</sup> ]
	$S_j$	je plocha přitlačného disku [mm <sup>2</sup> ]
	$d_j$	je průměr přitlačného disku [mm <sup>2</sup> ]
	$S_t$	je plocha měřeného disku [mm <sup>2</sup> ]
	$D_t$	průměr měřeného disku [12]

## 2.5 Měření pomocí fotovoltaických drapemeterů

V roce 1988 Collier a jeho kolegové vyvinuli fotovoltaický drapemeter. Na přístroji jsou umístěny fotovoltaické články, na které dopadá záření a na rozhraní fotovoltaického článku se vytvoří napětí, které je přímo úměrné osvětlené ploše. Vlivem splývání textilie dojde k zastínění článku a tím i zmenšením aktivní plochy, na kterou dopadá záření. Tento jev má za následek přímo úměrné zmenšení generovaného napětí. Vzniklé zmenšené napětí je změřeno voltmetrem a udává hodnotu koeficientu splývavosti. Pro výpočet DC už nejsou zavedeny jakékoliv další výpočty. [17]

---

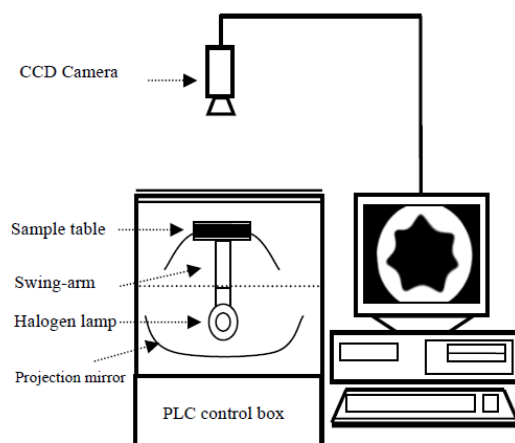
<sup>2</sup> Divergentní světlo je definováno jako rovnoměrný rozbíhavý svazek světla.

## 2.6 Metoda obrazové analýzy

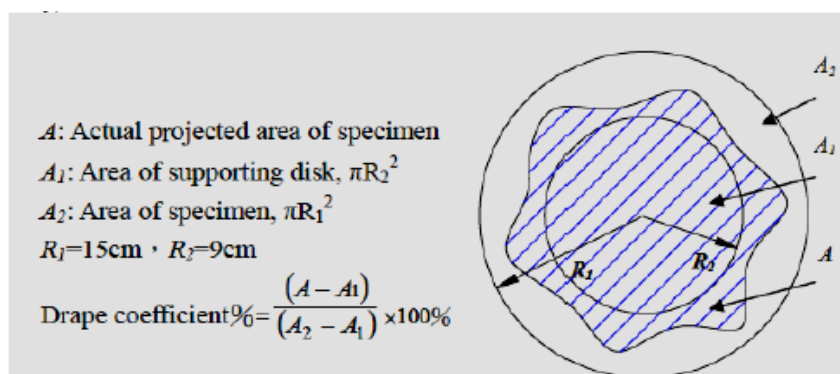
Většina vědeckých pracovníků došla k závěru, že konvenční metody pro zjišťování koeficientu splývavosti jsou časově náročné a někdy i velmi nepřesné. Digitalizace obrazu vnesla do výzkumu splývavosti novou a přesnější metodu vyhodnocování koeficientu splývavosti. Konkrétně metodu obrazové analýzy. Díky novému způsobu získávání dat dostávají vědci nové parametry. Například informace o amplitudě a vlnové délce, tvaru drapérie, rozmístění vln, počet laloků a hloubka vln.[17]

Nová metoda zjišťování splývavosti na základě obrazové analýzy vychází nejčastěji z Cusickova drapemeteru. Na drapemeter je umístěn digitální fotoaparát nebo digitální kamera, což umožňuje zachycení snímků splývavého textilního vzorku. Pořízené snímky jsou převedeny do počítače a prostřednictvím vyspělých počítačových softwarů jsou upraveny a dále se zpracovávají a získávají se z nich data potřebná pro hodnocení a výpočet koeficientu splývavosti. [17]

Metodu analýzy obrazu pro výpočet koeficientu využil ve svém experimentu i P.N. Wang. Ve své studii sjednotil čtyři jednotky do jednoho automatického měřícího systému, který pojmenoval AMSDD (Four United as One Automatic Measuring System). Při svém experimentu využil CCD fotoaparát k zachycení dvojdimenzionálního obrazu splývavé textilie z Cusickova drapemeteru. Fotoaparát je nastaven nad projekčním panelem a je propojen s videokartou, která je umístěna v počítači. Zachycený obraz je převeden do počítače. Schéma AMSDD systému je zobrazeno na obr. 5. Pro zpracování snímku Wang použil grafický software Adobe Photoshop®. Snímek je zpracován tak, aby jeho rozlišení obrazu bylo 320x240 pixelů. Takto upravený snímek je uložen do formátu BMP. Koeficient splývavosti se získá stanovením počtu pixelů, které se vztahují na oblast stínu splývavé textilie. Definice koeficientu splývavosti podle P.N. Wanga je znázorněna na obr.6, kde  $A$  je skutečná promítnutá plocha vzorku,  $A_1$  je plocha podpěrného disku,  $A_2$  je celková plocha textilního vzorku. [18]



Obr. 5 Schéma AMSDD systému [18].



Obr. 6 Definice koeficientu splývavosti podle P.N. Wanga [18].

Vztah mezi konvenčními metodami zjišťování splývavosti a metodu analýzy obrazu sledovalo několik vědců. Například Vangheluwe a Kiekens zjistili, že metoda analýzou obrazu má několik výhod oproti klasické metodě vážení. První výhodou je to, že nová metoda zabere méně času a druhá výhoda spočívá v tom, že při vyhodnocování obrazovou analýzou měla naměřená data menší rozptyl. To znamená větší přesnost výsledků. Jeng ve své práci uvedl, že konvenční metoda vyhodnocování koeficientu splývavosti je časově náročná a vyžaduje, aby ji prováděl kvalifikovaný pracovník. Korelace mezi konvenční metodou a metodou obrazové analýzy pro měření koeficientu splývavosti byla  $R^2 = 0,8$  a  $p$  – hodnota  $> 0,05$ . Nicméně obrazová analýza má lepší opakovatelnost. Kenkare a Plumlee ve své vědecké práci spočítali koeficient splývavosti pro 10 tkanin. Koeficient byl počítán oběma způsoby. Jak konvenčním, tak i digitálním způsobem. Výsledkem bylo to, že Pearsonův korelační koeficient měl hodnotu 0,99. Dále byly počítány rozdíly ve výpočtech u každého vzorku. Rozdíly se

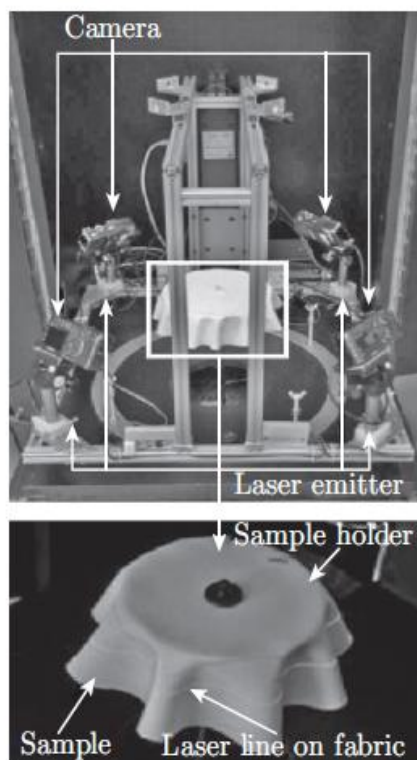


pohybovaly okolo 3% a méně. Behera a Mishra našli velmi dobrou korelaci mezi konvenční metodou a metodou zpracování a analýzy obrazu. Technika analýzy obrazu se používá v britské normě: BS EN ISO 9073 – 9: 2008: Textilie – testovací metody pro netkané textilie, část 9. [17]

## **2.7 Měření splývavosti pomocí přístroje Sylvie 3D Drape Tester**

V posledních letech prudce vzrostl zájem o počítačovou simulaci a prostorovou konstrukci oděvů. Důvodem je možnost okamžitého zakročení do procesu návrhu výrobku podle požadavků zákazníka. Tímto faktem se nechali inspirovat vědci v Budapešťské Univerzitě Technologií a Ekonomiky. Představili nový způsob měření splývavosti pomocí přístroje Sylvie 3D Drape Tester. Podstata měření spočívá ve využití trojrozměrného scanneru a dalším zpracováním dat pomocí počítačového softwaru. [17]

Zkušební aparatura Sylvie 3D Drape Testeru (obr. 7) je složena z plošiny, která je v počátečním stavu na úrovni základní desky. Průměr plošiny je 18 cm a průměr textilního vzorku 30 cm. Při testování nesmí být zanedbán fakt, že střed vzorku musí být nastaven přesně na středu plošiny a směr osnovy a útku musí být v určitém směru. Přístroj je řízen počítačem, což zajišťuje stejné podmínky (rychlost a dynamický efekt) při každém provedeném testu. Následuje skenování čtyřmi laserovými paprsky, jež vyzařují ve vodorovné rovině laserové linky, které se promítnou na textilní vzorek. Promítnuté linky zaznamenají fotoaparáty, které jsou spolu s laserovými zářiči namontovány na měřicím rámu. Ten se během skenování povrchu textilie pohybuje po určitých krocích o určité předem navolené vzdálenosti. Zařízení je konstruováno v černé skříni. To zajišťuje tmu během snímání. [12] Tělo scanneru předá data do počítače, který je schopen zachytit parametry modelu prostřednictvím vyspělých simulačních systémů. Simulační systémy principiálně pracují na rekonstrukci obrazu naskenované tkaniny, ze které jsou vypočítány další parametry. [17]



*Obr. 7 Zkušební přístroj Sylvie 3D Drape tester [17].*

## 2.8 Dynamické drapemetry

Dalším tématem ve studiích vědců je korelace reálné splývavosti a pohybu. Při statických podmínkách mohou různé druhy látek vykazovat velmi podobné splývavé chování, zatímco při dynamickém zatížení mohou vykazovat velké rozdíly ve splývavém chování. [17]

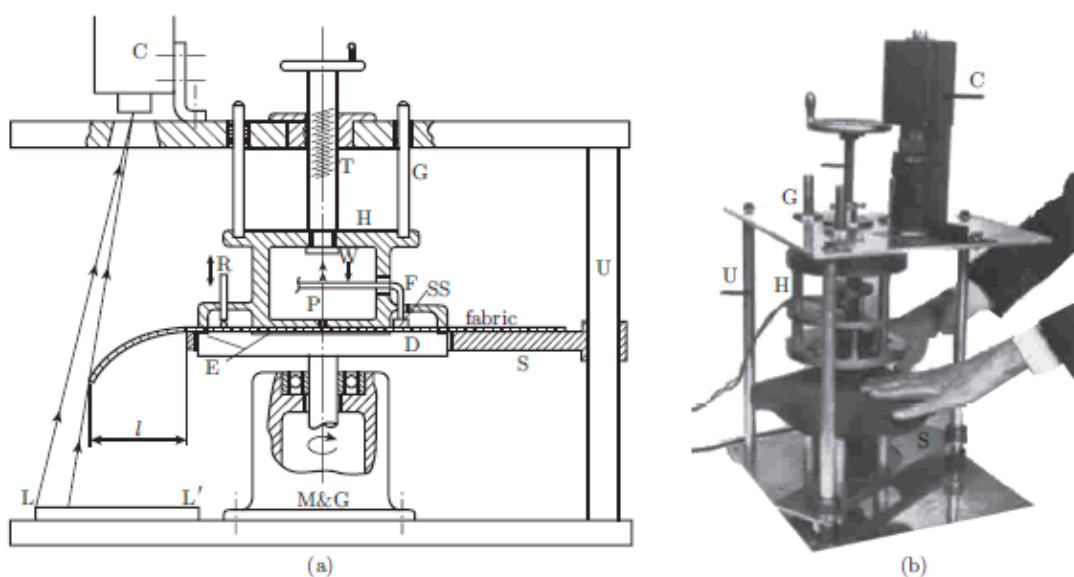
Dynamický účinek na splývavost je později sledován pomocí systému, který je složen z drapemeteru s kruhovým otočným podpěrným diskem a zařízením pro zpracování obrazu, tj. CCD fotoaparátem a počítačem. Používaný fotoaparát je schopen ve velmi krátkém časovém intervalu zachytit obraz testovaného vzorku. Přístroj umožňuje změnu rozsahu otáček. [17]

Měření dynamického účinku na splývavost je realizováno na přístroji Sylvie 3D Tester, který pracuje na základě využití 3D scanneru. Zařízení je doplněno vyměnitelnými kruhovými prstenci, jež mají různý vnitřní průměr. Hlavní funkcí prstenců je tlačit textilní vzorek otvorem kruhu, když držák stoupá. [19] Vnitřní průměry použitých prstenců je 21, 24 a 27 centimetrů. Rychlost prstenců je konstantní.

Pro kvalitní zpracování a vyhodnocení dat je nutné zpracovat výsledky měření s prstenci a bez prstenců. [12]

## 2.9 Alternativní drapemetry

Hearle a Amirbayat pro svůj experiment zkonstruovali nový multifunkční testovací přístroj založený na měření fyzikálních a mechanických vlastností textilií, mezi které zařadili povrchové vlastnosti, koeficient splývavosti a ohybovou tuhost. Princip měření spočívá v tom, že se na kruhový rotační disk umístí textilní vzorek. Disk spolu se vzorkem se rotočí rychlostí 1 ot./min. Pomocí digitálního fotoaparátu, který je umístěn nad rotačním diskem, je zaznamenávána vzdálenost mezi středem vzorku a jeho krajem. (obr. 8) Tyto získané parametry jsou použity k získání promítnuté plochy splývavého vzorku a z toho je následně vypočítán koeficient splývavosti. Vědci mimo jiné uvádějí, že pro získání přesnějších výsledků je nutné provést v pravidelných intervalech více měření za sebou. [17]

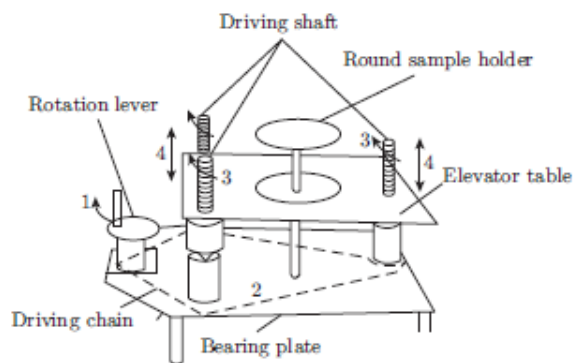


Obr. 8 a) schéma multifunkčního přístroje Hearlem a Amirbayatem b) fotografie multifunkčního přístroje vyvinutého Hearlem a Amirbayatem [17].

Mizutani a kolegové vyvinuli konvenční „Japanese drape test“ (JIS L-1096 1999), který vychází z přístroje F.R.L. Drapemeter. U nového testovacího zařízení byl upraven průměr rotačního disku a testovaného vzorku. Na rotační disk s průměrem 12,7 centimetrů byl umístěn kruhový textilní vzorek s průměrem 25,7 centimetrů. Testovaný

vzorek byl roztočen po dobu 10 sekund rychlostí 120 ot./min. Fotoelektrickým kopírováním je zaznamenáván vertikálně promítnutý stín textilního vzorku. [17]

Mizutani a kolegové dále pracovali ve výzkumu a konstruování nových zařízení pro měření splývavosti. Jejich nový přístroj vycházel z již uvedeného „Japanese drape test“. Nově vyvinutý přístroj byl pojmenován „drape elevator“. Přístroj je složen z pohyblivého stolu, který vykonává pohyb směrem nahoru a dolů. Stůl je schopen pohybu díky páce. K pohyblivému stolu je připevněn kruhový držák, na který se umísťuje textilní vzorek. Zkouška začíná tím, že oba stoly a podpěrný disk jsou ve stejné poloze. Stůl začne vykonávat pohyb směrem dolů a dochází k tomu, že volné konce textilie se začnou svěšovat a formovat do záhybů. Schéma „drape elevator“ je znázorněno na obr. 9. Mizutani stanovil tři etapy formování splývavosti: začínající úroveň, růst splývavosti a stabilizovaná splývavost. [17]



*Obr. 9 Drape elevator [17].*

### **3. Výzkum v oblasti subjektivního a objektivního hodnocení splývavosti**

Problematikou subjektivního a objektivního hodnocení splývavosti se zabývá v jedné ze svých studií Tein-Wei Shyr se svými kolegy. Jejich studie je zaměřena na určení prahové úrovně vrcholu a hloubky. Ve své práci uvádějí myšlenku, že počet uzlů je velmi důležitým parametrem k vyjádření splývavého chování tkaniny. V rešeršní části studie uvádí poznatky jiných badatelů. Například Chu a kolektiv našli 3 významné vlastnosti splývavého tvaru: plocha vzorku, počet laloků, tvar laloků. Moore se svými kolegy charakterizovali profil splývavého vzorku subjektivním vizuálním hodnocením.

Jeong a Philips navrhuji poměr „splývavost - vzdálenost“. Tento poměr navrhuji jako alternativu ke koeficientu splývavosti. [20]

$$R_d = \frac{r_f - r_{ad}}{r_f - r_d} \cdot 100 [\%], \quad (6)$$

kde  $r_f$  je poloměr tkaniny před splývání  
 $r_{ad}$  je průměrná vzdálenost k okraji splývavé tkaniny  
 $r_d$  je poloměr disku, na nějž je umístěn zkušební vzorek

May – Plomlee se svým kolektivem měří šířku laloku výšku laloku a výšku laloku od středu vzorku (pro každý lalok zvlášť). Matsudaira s kolegy definovali počet laloků (n) a odvodili regresní rovnici ze základních mechanických parametrů tkaniny:

$$n = 12,797 - 269,9 \sqrt[3]{\frac{B}{W}} + 38060 \frac{B}{W} - 2,67 \frac{G}{W} + 13,03 \sqrt{\frac{2HG}{W}}, \quad (7)$$

kde  $W$  je hmotnost  
 $B$  je ohybová tuhost  
 $G$  je smyková tuhost  
 $2HG$  je smyková hystereze  $\varphi=0,5^\circ$  [20]

Stylios a Zhu společně navrhli parametr S. Od tohoto parametru se předpokládá, že by měl udávat, jak je významný záhyb u splývavého profilu. [20]

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{(p_{max}(i) - \bar{p}_{max})}{\bar{p}_{max}^2}, \quad (8)$$

kde  $p_{max}(i)$  je maximální délka (i-tého) záhybu nebo laloku  
 $\bar{p}_{max}$  je průměrná maximální délka záhybu tvořící splývavou projekci

Platí:

$S = 0$  je záhyb rovný, plochý

$S=1$  dochází ke změně v délky záhybu [20]

Park a jeho spolupracovníci objevili kvantitativní systém pro hodnocení splývavého tvaru. Představili statistické informace o parametrech splývavého tvaru: poměr splývavosti, počet laloků, vlnová amplituda, vlnová délka a koeficient splývavosti.

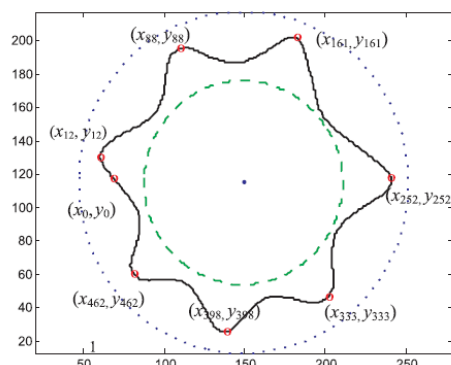
Shyr uvádí fakt, že většina literatury a vědeckých studií se zabývá statistickou analýzou splývavého profilu, laloků, záhybů. Články popisují identifikaci laloků pomocí subjektivních metod. Doposud ale nebylo nalezeno vysvětlení, jak se laloky splývavého vzorku mění působením dynamického účinku. Přitom je možné předpokládat, že se ve výsledcích vzhledem k podmínkám (statické versus dynamické prostředí) naleznou rozdíly. Dále se nesmí zanedbat možnost, že pravděpodobně dojde ke změně velikosti hodnoty koeficientu splývavosti a také ke změně formy splývavého profilu. Shyr ve svém experimentu vychází z uvedených faktů. Z tohoto důvodu je v tomto experimentu používán rotující přístroj zajišťující dynamický účinek. Maximální otáčky přístroje jsou 450 ot./min. Z přístroje jsou získávány obrázky na kterých je znázorněn splývavý profil tkaniny při statických 0 ot./min až do 450 ot./min. [20]

Při měření bylo použito 12 vlněných tkanin, u kterých byly před vlastním experimentem zjištěny některé vlastnosti. Například: plošná hmotnost, pevnost v tahu, odolnost v tahu, ohybová tuhost, smyková hystereze, váha a další. Zkušební vzorky byly upraveny na kruhový tvar s průměrem 30 cm. Dále byly ponechány 24 hodin v klidovém stavu při teplotě  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  a vlhkosti  $65 \pm 2\%$ . Poté byly testovány na zkušebním přístroji s programovatelným regulátorem otáček. Na zkušební přístroj je umístěna technika pro snímání videa a analýzu obrazu. Snímací technika je umístěna nad testovaným vzorkem. Pro zajištění kvalitního snímku splývavého materiálu je použito podsvícení, které je umístěno vespodu přístroje. Zachycený snímek je převeden do počítače pomocí programu Adobe Photoshop<sup>®</sup>. Koeficient splývavosti je vypočten z počtu bodů, který se vztahuje na plochu splývavého vzorku. První obrázek vznikl při statických 0 ot./min, poté se vždy zaznamenal obrázek při zvýšení otáček o 25 ot./min. Tímto způsobem se pokračovalo až do maximálního rozsahu otáček. To znamená, že u každého vzorku bylo pořízeno 19 obrázků splývavé tkaniny. [20]

Další zpracování zachycených snímků je založeno na analýze profilu splývavé tkaniny. Obrázek uložený v počítači je následně převeden do profilu splývavé tkaniny. Při této operaci je použit software Matlab<sup>®</sup>. V analýze profilu je zahrnuta konverze obrázku ve formátu BMP (obr. 10) na splývavý profil (obr. 11), na který jsou umístěny souřadnice. Rozlišení obrazu je 320 x 240 bodů. [20]

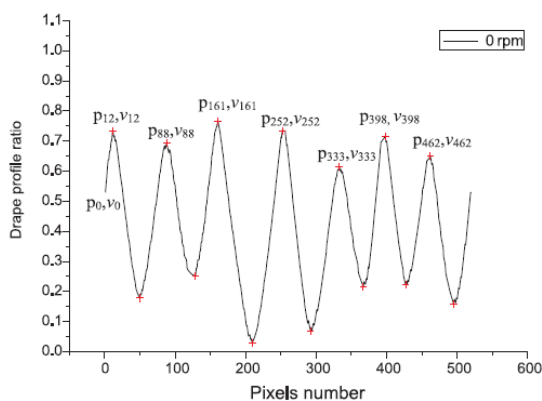


Obr. 10 Obrázek splývavého vzorku (formát BMP) [20].



Obr. 11 Splývavý profil se souřadnicemi [20].

Hranice siluety splývavého profilu se skládá z 560 pixelů a potom je převeden na souřadnice  $(x_m, y_m)$ . Souřadnice jsou dosazeny do vzorce poměru splývavého profilu. Ze vzniklých hodnot je konstruován diagram křivky splývavosti (obr. 12). Na horizontální ose jsou zaznamenány počty pixelů a na vertikální ose jsou vyneseny hodnoty poměru splývavého profilu. [20]

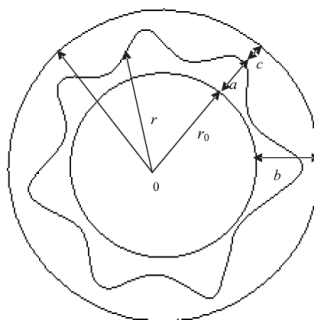


Obr. 12 Diagram křivky splývavosti [20].

Schéma splývavého profilu pro výpočet poměru splývavého profilu je znázorněno na obrázku 13. Poměr splývavého profilu se vypočítá podle následujícího vzorce:

$$\text{Poměr splývavého profilu} = \frac{r-r_0}{r_f-r_0} = \frac{a}{b}, \quad (9)$$

kde:  $r$  je vzdálenost mezi splývacím profilem a původním vzorkem  
 $r_0$  je poloměr malého disku  
 $r_f$  je poloměr tkaniny (15 cm)  
 $b$  je 6 cm [20]

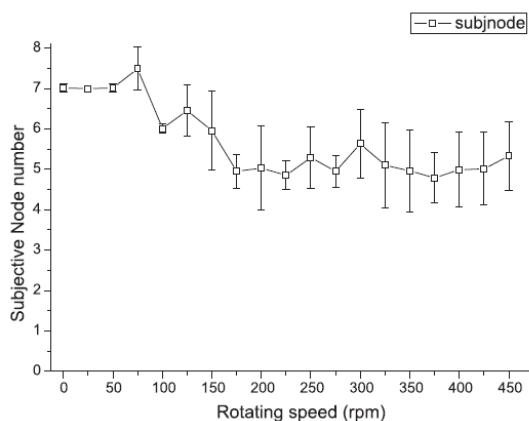


Obr. 13 Schéma splývavého profilu pro výpočet poměru [20].

Shyr a jeho kolegové si pro vizuální subjektivní hodnocení vybrali 19 kandidátů, přičemž jsou všichni zaměstnání v textilním průmyslu. Těchto 19 kandidátů bylo nejdříve pozváno na setkání, kde jim byly vysvětleny metody hodnocení a subjektivní vyhodnocování laloků. Nejdříve byly hodnoceny 2 tkaniny. To znamená, že 19 kandidátů pozorovalo 38 hodnot. Originální velikosti splývacích profilů byly umístěny 1 metr před hodnotitele. Pozorování bylo prováděno jednou za týden, celkem byla provedena 3 pozorování. Pro testování konzistence subjektivně nasbíraných dat byla použita jednosměrná ANOVA (analýza rozptylu) a Duncanova metoda (analýza rozptylu). Nevýznamný F – test uvedl, že výsledky 19 kandidátů jsou konzistentní a v souladu. Významný F– test uvedl, že výsledky nejsou v souladu. Proto byly hodnoty každého kandidáta podrobeny Duncanově analýze. Z toho vyplynulo, že je nutné z důvodu špatné stability eliminovat, ty kandidáty, jejichž hodnoty počtu laloků u stejného splývacího vzorku kolísají. 19 kandidátů bylo tedy rozděleno do dvou skupin. U skupin byla použita ANOVA a F – test k potvrzení výsledků Duncanovou analýzou. Po první sérii testování byl vyřazen jeden hodnotitel a zbylých 18 hodnotitelů bylo podrobeno druhému kolu testování konzistence. Těchto 18 hodnotitelů začalo dostávat nekonzistentní, rozporné výsledky. Duncanova analýza rozdělila 18 kandidátů do třech skupin. Pro porovnání byly opět použity výsledky z ANOVA testu. Výsledky přinesly



závěr, že existují významné rozdíly mezi třemi skupinami. Výběrový proces byl opakován, dokud hodnoty kandidátů nebyly kompletně konzistentní. Po výběrovém procesu zůstalo 13 hodnotitelů. Vzájemný vztah mezi rychlostí otáček a subjektivním počtem laloků zbývajících 13 – ti kandidátů je uveden na obr. 14. [20]



Obr. 14 Vzájemný vztah mezi rychlostí otáček a subjektivním počtem laloků 13 Kandidátů [20].

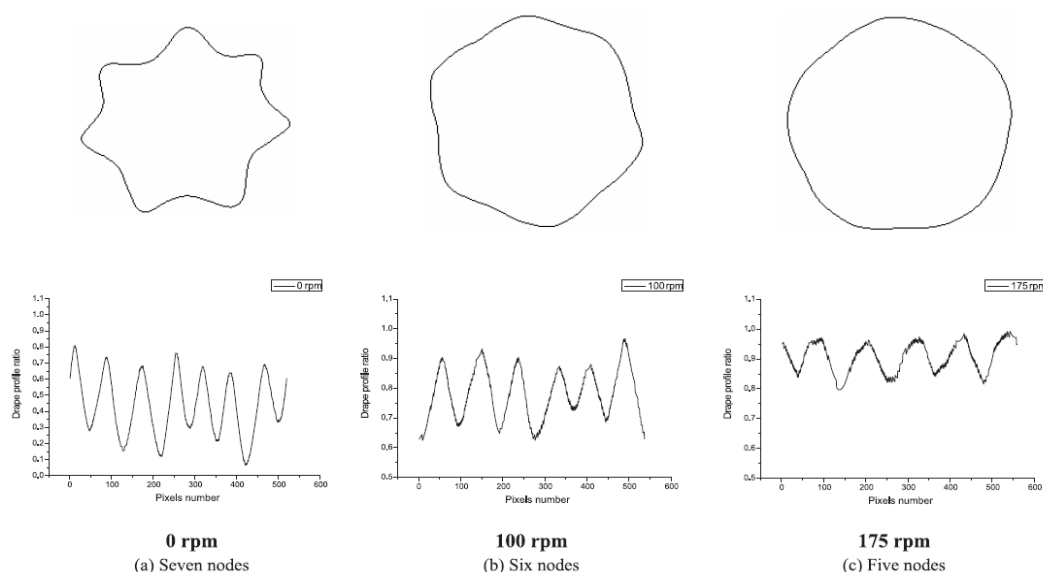
Vzhledem k tomu, že subjektivní počty laloků byly stanoveny na základě vizuálního hodnocení, mohlo dojít k tomu, že výsledky mohou být různé, odlišné. Různorodost výsledků mohla být způsobena přítomností většího množství pracovníků. Ale i tento fakt je velmi nezbytný pro stanovení objektivní metody pro stanovení počtu laloků a prahové úrovně vrcholu a hloubky. K těmto výpočtům byla použita ANOVA a Duncanova analýza. Z výpočtů a diagramu došel Shyr k závěru, že rozdíl ve vzdálenosti od vrcholu a nejnižšího bodu do středového bodu je 0,30 cm. Tato hodnota je definována jako prahová úroveň vrcholu a hloubky. Prahová úroveň je definována podle následující rovnice. [20]

$$TN = \bar{x}_{(p-T)} - z_{1-\alpha} * S_{(p-T)}, \quad (10)$$

kde	TN	je prahová úroveň laloku
	$\bar{x}_{(p-T)}$	výběrový průměr z rozdílu mezi vrcholem a hloubkou
	$z_{1-\alpha}$	percentil standardního normálního rozdělení
	$S_{(p-T)}$	směrodatná odchylka [20]

Lalok je stanoven jako rozdíl mezi vrcholem a hloubkou za podmínky, že  $x_{(p-T)} > TN$ . Nejvyšší pozice v diagramu na křivce splývavosti jsou definovány jako vrcholy laloků. Naopak, nejmenší pozice jsou definovány jako hloubky laloků. Prahová úroveň laloků se používá pro definování laloku a následně k vyhodnocení objektivních počtů laloků.[20]

Experiment, zabývající se vztahem mezi počtem laloků a rotační rychlostí (pro vlněné vzorky) přinesl následující výsledky. Pro otáčky v rozmezí 0-75 ot./min bylo naměřeno 7 laloků, pro otáčky v rozmezí 100-150 ot./min bylo naměřeno 6 laloků a pro otáčky v rozmezí 175-450 ot./min bylo naměřeno 5 laloků. Z toho vyplývá, že pokud se zvýší otáčky, potažmo zvýšily otáčky, tkanina měla tendenci se šířit, více se rozpložit. U koeficientu splývavosti dochází k postupnému zvyšování. Vzdálenost od vrcholu a hloubky od středního bodu (tj. bodu uprostřed kruhového vzorku) ve splývavém vzorku se snížila. Tím pádem došlo i ke snížení počtu laloků viz obr. 15. [20]



*Obr. 15 Typické splývavé profily pro 7, 6 a 5 laloků [20].*

#### 4. Experimentální část

Doposud byla u nás zjišťována splývavost klasickou metodou, která vychází z ČSN 80 0835, celým názvem Zkoušení splývavosti plošných textilií průmětem. Podstata měření podle normy vychází z proměření pěti vzorků pětikrát a vyhodnocení plochy jejich splývavého průmětu. Ve většině prací zahraničních badatelů, jež byly popsány v teoretické části, vycházelo zjišťování splývavosti převážně na základě velikosti obsahu splývavých ploch. Tento postup určování splývavosti je vhodný pro materiály, které mají diametrálně odlišné materiálové vlastnosti. U materiálově podobných vzorků tímto postupem vychází stejná hodnota splývavosti, protože je tato metoda ve své podstatě málo přesná. Pokusy o zpřesnění určení splývavosti využívaly přidání dalšího parametru – obvodu splývavého tvaru. Další parametr sice měření zpřesnil, ale stále, i když v menší míře, se objevovaly případy, kdy se nedala u dvou různých materiálů splývavost rozlišit. Proto byla vyslovena hypotéza, že optimální hodnocení splývavosti by mělo zahrnovat tři parametry - plochu, obvod, a počet laloků. Na malém souboru dat se tvar splývavé plochy a počet laloků jevil jako náhodná veličina. Tento předpoklad byl vyvrácen a byla vyslovena hypotéza, že tvar splývavé plochy a počet laloků není náhodný, ale chová se jako deterministický chaos. To znamená, že je v jistém smyslu složitě uspořádaný. V tomto složitém uspořádání by bylo možné nalézt univerzální tvar křivky splývavého tvaru. Pro vyhodnocení tvaru a počtu laloků se vycházelo z předpokladu, že je potřeba naměřit velké množství dat. Kdyby byla pouze modifikována metodika daná normou ČSN 80 0835, tak by na pěti vzorcích místo pěti opakování bylo potřeba naměřit řádově stovky dat a to by bylo náročné jak z časového, tak z materiálového hlediska. Byl navržen experiment na zjištění závislosti laloků na splývavosti, při jehož realizaci byly nalezeny značné nedostatky v současném laboratorním zařízení pro zjišťování splývavosti. Pro potřeby výzkumu bylo nejprve potřeba vylepšit jak měřicí aparaturu, tak metodiku vyhodnocování.

V experimentální části diplomové práce bude navržena nová metodika pro měření splývavosti, která vychází ze 100 opakování měření pouze na jednom vzorku daného materiálu. Vzhledem k nutnosti velkého počtu opakování měření bude navržen i nový jednoduchý přípravek, který zajistí určitou časovou nenáročnost při měření.

Cílem experimentální části je vytvoření jednoduchého přípravku pro nově navrženou metodiku zjišťování splývavého tvaru vzorku a provedení experimentu pro ověření nové metodiky. Splývavé tvary byly hodnoceny dvěma způsoby. Klasickou metodou a metodou obrazové analýzy. Obě metody byly porovnány. Na základě provedeného porovnání hodnotících metod byly navrženy další možná vylepšení metodiky měření splývavosti.

#### **4.1 Materiály použité na experiment**

Pro přehlednost byly materiály označeny. Parametry použitých materiálů jsou uvedeny níže. Další označení vzorků (počet opakování provedených na jednotlivých vzorcích) bude uvedeno v jednotlivých kapitolách.

##### **Vzorek Z20 – 5**

Označení: Z20 – 5

Materiálové složení: 55% vlna, 45% polyester

Úprava: bez úpravy

Nosný materiál: tkanina

Plošná hmotnost [g/m<sup>2</sup>]: 159

Počet nití v dostavě osnovy: 28

Počet nití v dostavě útku: 22

#### **4.2 Příprava materiálu před samotným experimentem**

Před experimentem je nutné vhodně připravit vzorky pro měření, aby měření nebylo ovlivněno nerovnostmi a záhyby, jež mohou vznikat na tkanině. Aby došlo k eliminaci těchto nežádoucích jevů, byly materiály ponechány v rozloženém stavu. Potom byly z tkaniny vystiženy kruhové vzorky s průměrem 30 cm.

Na zkušebních vzorcích byly načrtnuty pomocné linie z lícové strany. Důvodem načrtnutí linií na lícovou stranu bylo měření právě z této strany. Vzhledem k tomu, že obrazy splývavého průmětu byly zaznamenávány fotoaparátem a jednotlivé úhly se měřily pomocí počítačového programu přímo z fotografie, bylo nutné vyznačit dvě hlavní linie směru osnovy a útku. Linie byly vzhledem k barvě tkanin nakresleny

propisovací tužkou nebo fixem. Na zkušební vzorky byly vyznačené pomocné značky, jejichž vzdálenost od sebe byla 10 cm. Tyto pomocné značky byly používány jako měřítko pro kalibraci.

Pro měření v experimentální části byly připraveny kruhové vzorky o průměru 30 cm. Celkem bylo připraveno 5 vzorků.

### **4.3 Navržení jednoduchého přípravku pro měření splývavosti**

Převážná část metod měření splývavosti vychází z principu, který zavedl Cusick, tj. stanovení změny tvaru vzorku na vodorovné ploše a při zavěšení v prostoru při statických podmínkách. Na základě výsledků měření při statických podmínkách, bylo zjištěno, že různé druhy látek mohou vykazovat velmi podobné splývavé chování. A proto byly zkonstruovány dynamické drapemetry. Princip měření zůstává stejný jako u statických drapemeterů. Dynamický drapemeter je navíc vybaven otočným podpěrným diskem. Princip tedy spočívá v rotačním pohybu při měření.

Při navrhování nového přípravku pro měření splývavosti byl použit nový princip, kdy vzorek není jako u dynamických drapemeterů roztáčen, nýbrž je se zkušebním vzorkem prováděn vertikální pohyb směrem nahoru a dolů. Myšlenka použití vertikálního pohybu byla inspirována běžným používáním oděvu. Oděv při oblékání totiž nebývá roztočen, ale je s ním manipulováno ve vertikálním směru. Dalším důvodem pro zvolení vertikálního pohybu byl fakt, že při roztočení může docházet k nechtěnému posuvu nití a deformaci tkaniny.

Myšlenka s využitím vertikálního pohybu byla nejprve prováděna manuálně. Byla realizována na primitivní konstrukci složené ze základní desky, podstavce, disku a fotoaparátu. Princip této metody spočíval v zatřepání se vzorkem, položení vzorku a následném vyfocení splývavého tvaru. Metoda, kdy bylo se vzorkem třepáno, byla pojmenována: metoda A. Detailně popsany postup a princip měření je popsán v kapitole 5.3.1 Měření splývavosti – metoda A. Metoda A byla již dříve použita v diplomové práci Dudové.

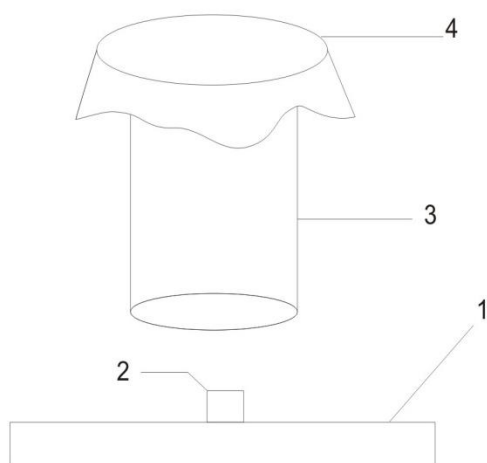
Pro zachování konstantních podmínek při měření byla sestrojena další konstrukce, která se skládala ze základní desky se zabudovanou tyčí ve vertikálním směru, disku a fotoaparátu. Princip měření na tomto navrženém přípravku spočíval v tom, že zkušební vzorek byl nejprve vysunut do stanovené výšky, spuštěn po tyči

směrem dolů a pak vyfocen. Vzorek tedy při měření padal. Metoda měření na tomto přípravku byla pojmenována: metoda B. Detailně popsany postup a princip měření je popsán v kapitole 5.3.2 Měření splývavosti – metoda B.

Použití vertikálního pohybu je tedy realizována dvěma metodami. Metoda, kdy bylo se vzorkem třepáno – metoda A, a metoda, kdy byl vzorek spouštěn, tedy padal směrem dolů – metoda B.

#### 4.3.1 Měření splývavosti – metoda A

Metoda A, kde bylo se vzorkem třepáno směrem nahoru a dolů, byla realizována na primitivní konstrukci – podstavce a disku. Konstrukce byla umístěna na stativu. Jednoduché schéma je možné vidět na obrázku č. 16. Konstrukce obsahovala základní desku (1), na níž byl připevněn kolík (2). Byl zhotoven podstavec (3), který měl průměr 18 cm. Na tento podstavec byl umístěn kruhový disk spolu se zkušební tkaninou (4). Aby bylo znemožněno posunutí vzorku na jednoduché konstrukci, byl uprostřed podstavce umístěn hrot, který znemožňoval posunutí vzorku. Fotoaparát byl umístěn na stativu ve výšce 65 cm od základní desky.



*Obr. 16 Schéma jednoduché konstrukce použité při měření metodou A.*

##### Postup měření – metoda A:

- Připravený kruhový vzorek o průměru 30 cm byl upevněn na podstavec tak, aby střed vzorku byl přesně ve středu podstavce – hrotem bylo zajištěno to, že se vzorek během měření nehýbal a zůstal uprostřed.

- Se vzorkem bylo zatřepáno. Třikrát směrem nahoru a dolů, byl tedy vykonán vertikální pohyb. Zatřepáním se vytvořily záhyby bez zásahu rukou.
- Po zatřepání byl podstavec i s testovanou tkaninou položen na kolík, který byl připevněn na dřevěné desce. U pokládání na kolík bylo nutné dbát vysoké opatrnosti, aby nedošlo k deformaci vzniklých záhybů/laloků splývající textilie.
- Splývavý tvar vzorku byl vyfocen fotoaparátem, který byl umístěn na posuvném držáku na stativu. Horní hrana držáku byla umístěna ve vzdálenosti 65 cm od základní desky.
- Na jednom a tom samém vzorku byl postup zopakován 100x. Z měření jednoho vzorku bylo tedy celkem získáno 100 snímků.

Pro další hodnocení a měření byl použit program NIS – Elements D 3.0. V programu NIS Elements D 3.0 byla na pořízeném snímku provedena kalibrace. Kalibrace byla provedena na základě pomocných značek. Určilo se, kolik pixelů odpovídá vzdálenosti 10 cm. Po kalibraci následovalo obkreslení splývavého tvaru – kurzorem myši byl obkreslen celý splývavý tvar. Takto byla zjištěna plocha a obvod splývavého tvaru.

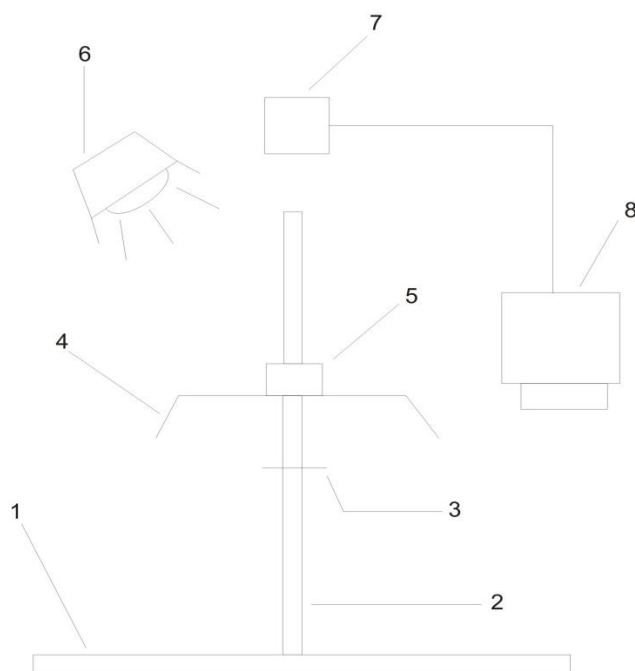
V případě metody A je velkou výhodou jednoduchost konstrukce. Naopak, při průběhu experimentu bylo shledáno několik zásadních nedostatků. Při třepání se zkušebním vzorkem může snadno dojít k nechtěnému pohybu tkaniny. Dalším nedostatkem je to, že po třepání, když experimentátor před focením pokládá konstrukci na základní desku, může dojít k nežádoucímu pootočení disku s tkaninou. S tím také souvisí další nedostatek. Když po zatřepání, experimentátor před focením pokládá konstrukci na základní desku, může dojít k nechtěnému dotyku se zkušební tkaninou. Tím, že dojde k dotyku s tkaninou, může dojít ke změně tvaru a polohy vytvořených záhybů a zmenšení plochy splývavého průmětu.

### **4.3.2 Měření splývavosti – metoda B**

Metoda B, kde byl vzorek spouštěn, tj. padal směrem dolů, byla realizována na jednoduchém přípravku. Schéma je znázorněno na obrázku 17. Přípravek byl sestaven ze základní desky (1), na kterou byla umístěna tyč (2). Tyč byla zafixována, aby

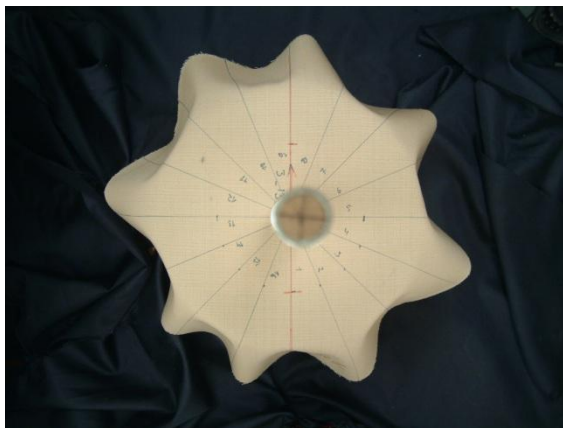
nedošlo k jejímu nežádoucímu posunutí. Na základní desce byla položena černá tkanina, aby vzniklo tmavé jednobarevné pozadí a tvar splývavého vzorku na fotografii vyniknul. Zařízení bylo opatřeno vertikálním posuvným držákem pro aparát s milimetrovou stupnicí. Díky stupnici bylo zajištěné přesné nastavení výšky fotoaparátu (7). Horní hrana držáku byla ve vzdálenosti 65 cm od základní desky. Byl zhotoven disk s průměrem 18 cm s otvorem uprostřed (4). Otvor sloužil k tomu, aby bylo možné disk i se zkušebním vzorkem o průměru 30 cm nasadit na tyč. Do otvoru byl přidělán silonový váleček (5), aby docházelo k hladkému skluzu po tyči a také, z toho důvodu, aby se experimentátor nedotýkal zkušebního vzorku. Tyč tedy slouží jako trajektorie, po které se pohybuje disk se zkušební tkaninou. Na tyči je nasazená zarážka (3). Zarážka nedovoluje disku se zkušebním vzorkem spadnout na základní desku. Celá aparatura je nasvícena rozptylovými lampami (6). Pořízené snímky jsou ukládány do počítače (8). Ukázka fotografie s tvarem splývavého vzorku je na obrázku 18.

Při měření metodou B byly zachovány konstantní podmínky, jako jsou rychlost a dráha padání zkušebního vzorku na navrženém přípravku.



*Obr. 17 Schéma jednoduchého přípravku pro měření metodou B.*





*Obr. 18 Snímek splývavého tvaru získaného metodou padání.*

Postup měření – metoda B:

- Připravený kruhový vzorek o průměru 30 cm byl upevněn na kruhový disk se silonovým válečkem. Takto připravený disk i se vzorkem byl nasazen na tyč.
- Vzorek byl úchopem za silonový váleček vytažen na konec tyče směrem nahoru. Po vytažení byl vzorek spuštěn směrem dolů.
- Spadnutím vzorku se vytvořily záhyby bez zásahu rukou.
- Splývavý tvar vzorku byl vyfocen fotoaparátem, který byl umístěn na posuvném držáku. Horní hrana držáku byla umístěna ve vzdálenosti 65 cm od základní desky.
- Na jednom a tom samém vzorku byl postup zopakován 100x. Z měření jednoho vzorku bylo tedy celkem získáno 100 snímků.

Pro další hodnocení a měření byl použit program NIS – Elements D 3.0, stejně jako u metody A. V programu NIS Elements D 3.0 byla na pořízeném snímku provedena kalibrace pomocí kalibračních značek, které jsou vyznačené na zkušebním vzorku. Určilo se, kolik pixelů odpovídá vzdálenosti 10 cm. Po kalibraci následovalo obkreslení splývavého tvaru. Program vypočítal plochu a obvod splývavého tvaru.

Jednou z hlavních výhod metody B je zachování konstantních podmínek při měření (rychlost, dráha). Další z hlavních výhod je minimální riziko dotyku se zkušebním vzorkem. V neposlední řadě lze také jako výhodu uvést rychlost získávání splývavých tvarů. Na druhé straně je vhodné uvést i nedostatky spojené s metodou B. Mezi nedostatky se řadí to, že při větších nárazech padající tkaniny může dojít k nežádoucímu

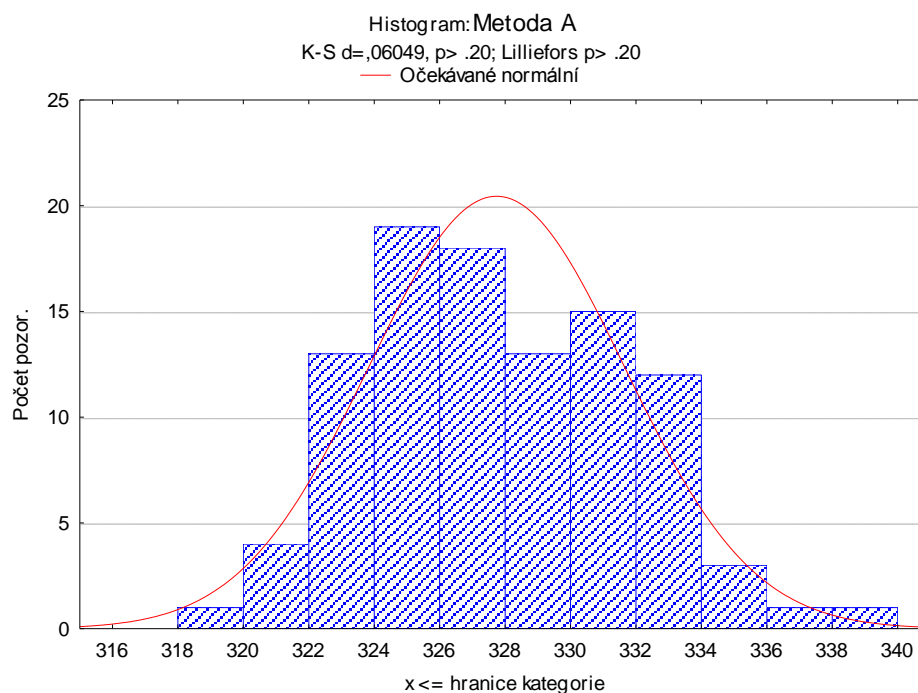
vychýlení tyče, po které je disk spolu se vzorkem spouštěn. Do budoucna by se tento nežádoucí jev dal odstranit pevnější konstrukcí – pevnějším uchycením tyče.

### **4.3.3 Porovnání metody A a metody B**

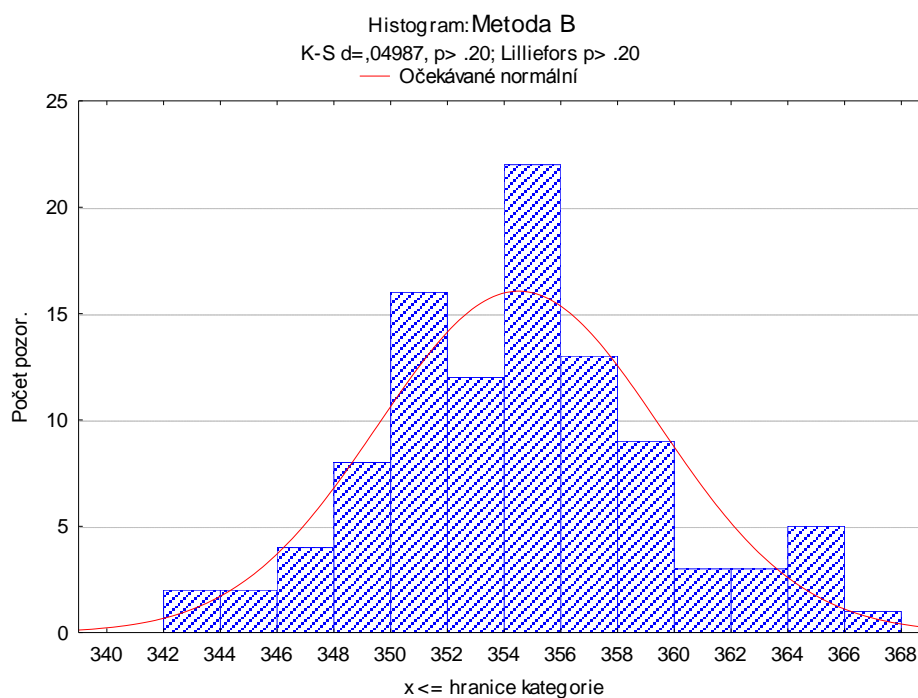
Porovnání metody A s metodou B by mělo dokázat, že vertikální pohyb je vhodný pro měření splývavosti. Budou zhodnoceny klady a zápory jednotlivých metod a bude vybrána metoda, která je vhodnější pro realizaci nově navržené metodiky měření splývavosti. Pro porovnání metod byly vybrány velikosti ploch splývavých průmětů. Plochy splývavých průmětů byly zvoleny, protože jsou vhodnějším ukazatelem splývavosti než obvody splývavých průmětů. Tento fakt vychází ze studií světových badatelů v oblasti splývavosti.

Splývavé plochy, které jsou porovnány, byly získány dvěma způsoby. Prvním způsobem, jak byly velikosti splývavých ploch získány, je metodou A na jednoduché konstrukci (viz. obr. 16). Druhý způsob, jak byly velikosti ploch splývavých tvarů získány, je metodou B na nově navrženém přípravku (viz. obr. 17). Měření bylo provedeno na zkušebním vzorku Z20 – 5. Velikosti ploch, které byly naměřeny na tkanině s označením Z20 – 5 byly získány obkreslením splývavého tvaru v programu NIS – Elements D 3.0 a následným výpočtem, který provedl program. Naměřené velikosti ploch jsou uvedeny v příloze A. Pro každou metodu, tj. metodu A a metodu B bylo naměřeno 100 hodnot. Velikosti ploch byly naměřeny v  $\text{mm}^2$ . Pro lepší přehlednost byly převedeny na  $\text{cm}^2$ .

Před samotným srovnáním získaných dat metodou A a metodou B byl proveden test normality, aby se ověřilo a potvrdilo, že data pocházejí z normálního rozdělení. Test byl proveden v programu STATISTICA CZ. Pro testování byl použit Kolmogorovův – Smirnovův test a Lillieforsův test normality. Výsledky testu normality jsou znázorněny v histogramu (obr. 19 a obr. 20). Metodu A vyhodnocenou obkreslením splývavých tvarů v NIS Elements D 3.0 je v histogramu možné nalézt pod označením: Metoda A. Metodu B vyhodnocenou obkreslením splývavých tvarů je v histogramu možné nalézt pod označením: Metoda B. Test normality potvrdil, že oba soubory naměřených dat pocházejí z normálního rozdělení (obr. 19 a obr. 20).



*Obr. 19 Histogram: metoda A.*



*Obr. 20 Histogram metoda B.*

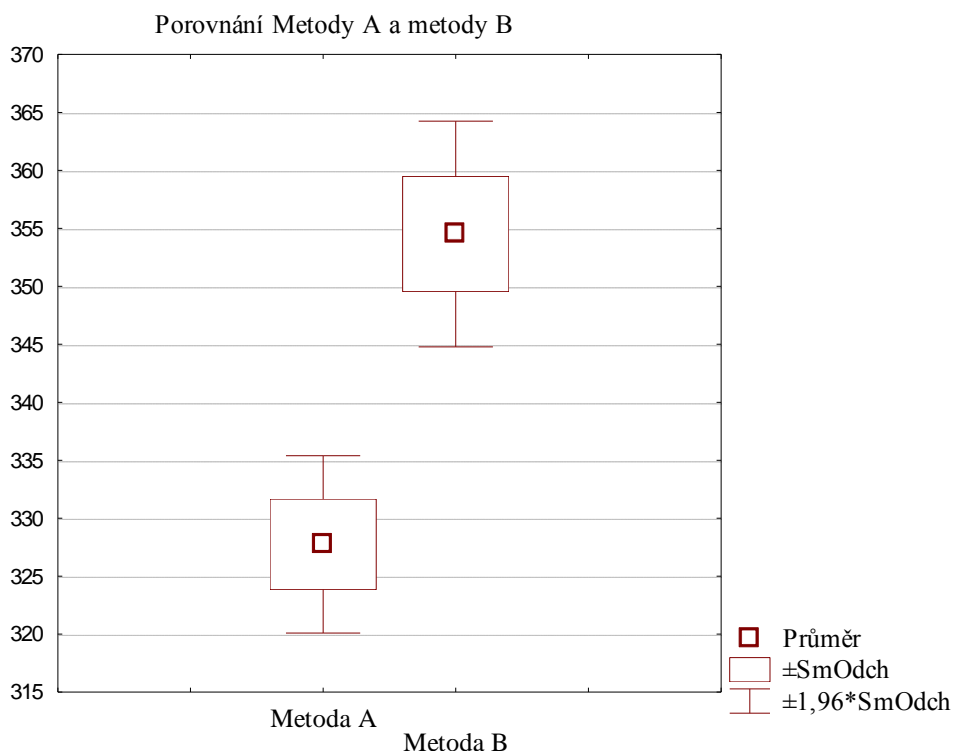
Po provedení a vyhodnocení testu normality následovaly výpočty v programu STATISTICA CZ. Byl spočítán průměr ploch  $\bar{x}$ , rozptyl  $\sigma^2$ , směrodatná odchylka  $s$ , variační koeficient  $v$  a 95% interval spolehlivosti. Tyto hodnoty byly spočítány pro

každý soubor. Hodnoty byly zaokrouhleny na dvě desetinná místa. Popisná statistika je uvedena v tabulce č. 1.

*Tab. 1 Popisná statistika pro data získaná metodou A a metodou B – vyhodnocení v NIS Elements D 3.0.*

Z20 – 5	Průměr [cm <sup>2</sup> ]	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koeficient [%]	95 % IS spodní mez	95 % IS horní mez
<b>Metoda A</b>	327,74	15,22	3,91	1,19	326,97	328,52
<b>Metoda B</b>	354,51	24,70	4,97	1,40	353,53	355,50

Pro přehlednost je porovnání metod A a metody B znázorněno v krabicovém grafu (obr. 21). Metoda A, kdy bylo se vzorkem třepáno, je v grafu označena jako metoda A. Metoda B, kdy byl vzorek spouštěn směrem dolů je v grafu označena jako metoda B. Hodnoty na vertikální ose jsou uvedeny v cm<sup>2</sup>.



*Obr. 21 Srovnání dat získaných metodou A a metodou B – vyhodnocení v NIS Elements D 3.0.*

Cílem porovnání metody A a metody B bylo dokázat, zda vertikální pohyb je adekvátním pohybem pro měření splývavosti.

Při porovnávání metody A a metody B byla použita tkanina s označením Z20 – 5. Obě metody se v tomto případě ukázaly jako metody spolehlivé. Důkazem je porovnání obou metod, kdy průměry velikostí ploch vyšly pro metodu A  $327,74 \text{ cm}^2$  a pro metodu B  $354,51 \text{ cm}^2$ . Rozdíl spočítaných průměrných velikostí ploch je zanedbatelný v rámci chyby měření.

U metody A mohla být menší velikost průměrných ploch způsobena manipulací se zkušebním vzorkem během vlastního měření. Tím se rozumí, že pokud se experimentátor dotknul během měření zkušebního vzorku, mohl tím způsobit zmenšení velikosti splývavé plochy a případnou deformaci záhybů. Nebo to může být způsobeno tím, že se vzorek během nasazování na základní desku potočil a změnil tím svoji plochu splývavého tvaru.

Na základě výsledků je možné potvrdit, že vertikální pohyb je adekvátním pohybem pro měření splývavosti. Pro další experimenty byla vybrána metoda B a s tím spojená konstrukce přípravku. Metoda B byla vybrána, protože je u ní nižší riziko ovlivnění splývavého tvaru nežádoucím dotykem se zkušebním vzorkem. Dalším argumentem pro výběr této metody je to, že při měření metodou B jsou zachovány konstantní podmínky, jako jsou rychlost a dráha. V neposlední řadě je také brána v potaz i rychlost získávání splývavých ploch.

#### **4.4 Hodnocení splývavého tvaru**

Nově navrženou metodou a přípravkem jsou získávány snímky splývavých ploch. Po získání snímků splývavých ploch je nutné tyto plochy vyhodnotit. Podle dnes již neplatné normy ČSN 80 0835 se splývavé plochy nejprve obkreslovaly na papír a poté obrysy splývavých ploch byly změřeny planimetrem. Nevýhodou tohoto pracovního postupu byla časová náročnost a určitá nepřesnost měření. Vzhledem k shledaným nedostatkům byly navrženy nové způsoby hodnocení splývavých tvarů. Navržené způsoby vycházejí z možnosti měřit přímo obraz splývající textilie. Nikoli, jak tomu bylo dříve pouze stín průmětu textilie.

Cílem této kapitoly je porovnání a vybrání vhodné hodnotící metody splývavých tvarů.

#### 4.4.1 Zkoumání proměnlivosti splývavého tvaru

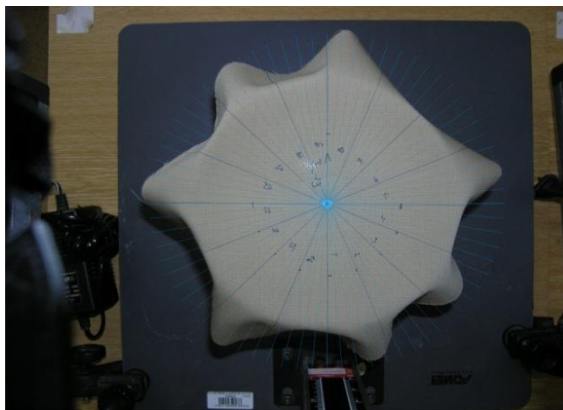
Původně bylo při vyhodnocování splývavosti vycházeno z podobnosti splývavých tvarů a jejich konkrétní podoby. V předchozích vědeckých pracích byl tento parametr porovnáván z malého souboru dat. Na malém souboru dat se tvar splývavé plochy a počet laloků jevil skutečně jako náhodná veličina. Tento předpoklad byl vyvrácen a byla vyslovena hypotéza, že se tvar splývavé plochy a počet laloků není náhodný, ale chová se jako deterministický chaos. To znamená, že je v jistém smyslu složitě uspořádaný. V tomto složitém uspořádání by bylo možné nalézt univerzální tvar křivky splývavého tvaru.

Dále byla vyslovena hypotéza, že optimální hodnocení splývavosti by mělo zahrnovat tři parametry – plochu, obvod, a počet laloků. Hypotéza byla pojmenována jako hypotéza komplexního měření. Vyslovená hypotéza, komplexního měření splývavosti se zahrnutím parametrů plocha, obvod a počet laloků nemůže být realizována na malém souboru dat. Protože pokud je používán malý soubor dat, získáme nepřesnou informaci, jak se laloky chovají. Nelze objevit jejich složitou uspořádanost počtu laloků a tvarů. Pokud však bude provedeno více měření, tak bude možné vidět, jak se laloky vytvářejí a chovají. Počet laloků je tedy stejně důležitým parametrem jako velikost plochy splývajícího tvaru. A proto je nutné udělat alespoň 100 měření.

Bylo nafoceno 100 fotografií a byly vyhodnoceny četnosti počtu laloků na tomto poměrně velkém souboru dat. Ve vědeckých pracích nebylo možné se setkat s měřením v jednom směru. Proto měření probíhalo důsledně v jednom směru – ve směru osnovy. Ze získaných výsledků bylo potvrzeno, že počty laloků nejsou rovnoměrně zastoupeny ve svých četnostech viz. příloha B.

Na základě ověření nenáhodnosti počtu laloků splývavých tvarů byl kvantifikován tvar splývavé plochy a rozložen do křivek splývavých tvarů (viz. příloha B). Křivku by bylo vhodné hodnotit pomocí Fourierovy transformace. Tato metoda je však velmi rozsáhlá a náročná. Její zpracování by přesáhlo rámec diplomové práce.

Samotná kvantifikace tvaru byla vyhodnocována pomocí splývavých délek. Snímky byly upravovány v programu CorelDRAW9. Na fotografie byla umístována směrová růžice (obr. 22). Úhel mezi jednotlivými osami je 5°.



*Obr. 22 Umístění směrové růžice.*

Takto upravená fotografie byla uložena a připravena pro další zpracování. Pro další hodnocení a měření byl použit program NIS – Elements D 3.0. V tomto programu byla na snímku provedena kalibrace. Po kalibraci byly měřeny splývavé délky. A to ze středu směrové růžice k okraji splývavého tvaru. Na každém vzorku bylo naměřeno 72 splývavých délek. Celkem v jedné sérii měření (tj. 100 snímků) bylo naměřeno 7200 splývavých délek.

Nakonec však bylo od této metody ustoupeno, protože časová náročnost vyhodnocení jedné série měření, tj. 100 snímků byla přibližně 30 hodin čisté práce. A také bylo usouzeno, že 100 měření může být stále malé množství dat. Realizovat tuto metodu s praktickým použitím by bylo možné pomocí programu MATLAB<sup>®</sup>. Program by kvantifikoval splývavý tvar a následně jej vyhodnocoval pomocí Fourierovy transformace.

Naměřené splývavé délky, které byly pracně získány během předchozího experimentu, byly pro zajímavost použity pro vyhodnocení velikosti plochy splývavého tvaru.

#### **4.4.2 Hodnocení splývavého tvaru – hodnocení I**

##### Postup při hodnocení – hodnocení I:

Data získaná metodou A, kde bylo se vzorkem Z20 – 5 třepáno směrem nahoru a dolů, byla nejprve hodnocena na základě naměřených splývavých délek. Z naměřených délek byla vypočítána plocha a obvod průmětu splývající textilie a koeficient splývavosti DC [%]. Hodnoty jsou uvedeny v příloze C.

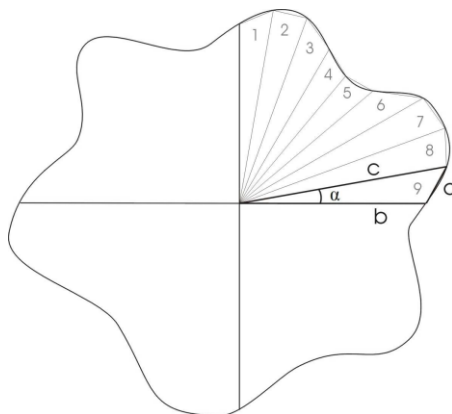
Plocha  $S$  [mm<sup>2</sup>] průmětu splývajícího kruhového vzorku byla spočítána ze součtu jednotlivých ploch sedmdesáti dvou trojúhelníků. Plocha každého trojúhelníku byla vypočítána podle následujícího vztahu [12]:

$$S_i = \frac{1}{2} \cdot b_i \cdot c_i \cdot \sin \alpha, \quad (11)$$

kde  $S_i$  je plocha trojúhelníku dle pořadí  
 $b_i$  je délka od středu k okraji průmětu dle pořadí  
 $c_i$  je délka od středu k okraji průmětu dle pořadí, přičemž platí  $c_1=b_2$   
 $\alpha$  je úhel 5° [12]

Obvod  $O$  [mm] průmětu splývajícího textilního vzorku je vypočítán součtem všech stran  $a_i$  z celkem sedmdesáti dvou trojúhelníků. Strany  $a_i$  byly vypočítány podle následujícího vztahu [12]:

$$a_i = \sqrt{b_i^2 + c_i^2 - 2b_i c_i \cdot \cos \alpha} \quad (12)$$



Obr. 23 Schéma pro výpočet plochy a obvodu. [12]

Koeficient splývavosti DC [%] byl vypočítán podle vzorce zavedeného pro F.R.L. drapemeter. Výpočet vychází z následujícího vztahu:

$$DC = \frac{S - \pi \cdot r^2}{\pi \cdot R_1^2 - \pi \cdot r^2} * 100 [\%], \quad (13)$$

kde  $S$  je plocha průmětu  
 $r$  je poloměr podpěrného disku



R je poloměr původního vzorku

Po spočítání plochy S, obvodu O a koeficientu splývavosti DC byla data, konkrétně velikosti ploch, podrobena testu normality. Test normality byl proveden v programu STATISTICA CZ. Pro testování byl použit Kolmogorovův – Smirnovův test a Lillieforsův test normality. Test normality potvrdil, že data pocházejí z normálního rozdělení.

Po provedení a vyhodnocení testu normality následovaly výpočty v programu STATISTICA CZ. Byl spočítán průměr ploch  $\bar{x}$ , rozptyl  $\sigma^2$ , směrodatná odchylka s, variační koeficient v a 95% interval spolehlivosti. Tyto hodnoty byly spočítány pouze pro plochu splývacích tvarů. Plocha je uvedena v  $\text{cm}^2$ . Hodnoty byly zaokrouhleny na dvě desetinná místa. Popisná statistika je uvedena v tabulce č. 2.

*Tab. 2 Popisná statistika pro data získaná z hodnocení I.*

Z20 – 5	Průměr [ $\text{cm}^2$ ]	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koeficient [%]	95 % IS spodní mez	95 % IS horní mez
<b>Hodnocení I</b>	324,67	10,92	3,31	1,02	324,02	325,33

Hodnocení splývacích tvarů pod označením hodnocení I bylo provedeno pouze na snímcích splývacích tvarů získaných metodou A. Důvodem byla velká časová náročnost. Na každém snímku bylo vyhodnoceno 72 splývacích délek. Na celém souboru fotografií, tj. 100 fotografií bylo tedy vyhodnoceno 7200 splývacích délek.

#### **4.4.3 Hodnocení splývacího tvaru – hodnocení II**

Hodnocení II bylo provedeno na snímcích splývacích tvarů naměřených metodou A a metodou B na tkanině s označením Z20 – 5. Hodnocení II spočívalo v obkreslení splývacího průmětu v programu NIS Elements D 3.0.

Hodnocení II, které bylo provedeno na snímcích splývacích tvarů naměřených metodou A, sloužilo k porovnání s hodnotící metodou hodnocení I, protože ta byla z důvodu časové náročnosti provedena pouze na splývacích tvarech naměřených metodou A.

#### Postup při hodnocení – hodnocení II:

Po pořízení snímků splývavých tvarů metodou A a metodou B na tkanině Z20 – 5 byly snímky uloženy do počítače. Celkem bylo pořízeno 100 snímků splývavého tvaru metodou A a 100 snímků splývavého tvaru metodou B. Další hodnocení splývavých tvarů probíhalo v programu NIS – Elements D 3.0. V programu byla na každém snímku udělána kalibrace. Kalibrace se provedla na základě nakreslených značek vyznačených na tkanině. Vzdálenost mezi nakreslenými značkami byla 10 cm. Vzhledem k provedené kalibraci vycházely hodnoty v milimetrech a milimetrech čtverečných, které byly následně převedeny pro větší přehlednost a interpretaci na centimetry a centimetry čtverečné. Po kalibraci následovalo samotné měření. Při měření byla použita funkce *délka*, která byla použita pro měření obvodu, a funkce *area*, která byla použita pro měření plochy. Měření spočívalo v tom, že se po malých krocích obkreslil obrys splývavého tvaru v programu NIS – Elements D 3.0. U měření bylo nutné věnovat pozornost tomu, aby byl tvar obkreslen důsledně. Naměřené hodnoty obvodů  $O$  [cm] a ploch  $S$  [cm<sup>2</sup>] jsou uvedeny v příloze A.

Po zjištění plochy  $S$  a obvodu  $O$ , byla data, konkrétně velikosti ploch, podrobena testu normality. Test normality byl proveden v programu STATISTICA CZ. Pro testování byl použit Kolmogorovův – Smirnovův test a Lillieforsův test normality. Test normality potvrdil, že data pocházejí z normálního rozdělení.

Po provedení a vyhodnocení testu normality následovaly výpočty v programu STATISTICA CZ. Byl spočítán průměr ploch  $\bar{x}$ , rozptyl  $\sigma^2$ , směrodatná odchylka  $s$ , variační koeficient  $v$  a 95% interval spolehlivosti. Tyto hodnoty byly spočítány pouze pro plochu splývavých tvarů. Plocha je uvedena v cm<sup>2</sup>. Splývavé plochy, které byly získány metodou A a následně vyhodnoceny hodnocením II jsou v tabulce označeny jako: hodnocení IIA. Splývavé plochy, které byly získány metodou B a následně vyhodnoceny hodnocením II jsou v tabulce označeny jako: hodnocení IIB. Hodnoty byly zaokrouhleny na dvě desetinná místa. Popisná statistika je uvedena v tabulce č. 3.

Tab. 3 Popisná statistika pro data získaná z hodnocení IIA a hodnocení IIB.

Z20–05	Průměr [cm <sup>2</sup> ]	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koeficient [%]	95 % IS spodní mez	95 % IS horní mez
<b>Hodnocení IIA</b>	327,74	15,22	3,91	1,19	326,97	328,52
<b>Hodnocení IIB</b>	354,51	24,70	4,70	1,40	353,53	355,50

Hodnocení II je subjektivní metodou hodnocení splývavých tvarů. Při tomto zjišťování ploch mohlo dojít k nepřesnému obkreslení splývavých tvarů a tím i zkreslení výsledných hodnot velikostí ploch.

#### 4.4.4 Hodnocení splývavého tvaru – hodnocení III

Hodnocení III bylo provedeno na snímcích pořízených metodou B na zkušebním vzorku Z20 – 5 a bylo realizováno v programu MATLAB<sup>®</sup>.

##### Postup při hodnocení – hodnocení III:

Po pořízení snímků splývavých tvarů metodou B na tkanině Z20 – 5 byly snímky staženy do počítače a uloženy. Celkem bylo pořízeno 100 snímků splývavého tvaru. Snímky byly očíslovány podle pořadí focení, tj. 1 – 100. Další hodnocení splývavých tvarů probíhalo v programu MATLAB<sup>®</sup>. Pro hodnocení splývavého tvaru v programu MATLAB<sup>®</sup> byl ve spolupráci s doc. Ing. Marošem Tunákem, Ph.D. vytvořen algoritmus (viz. příloha C), pomocí kterého byl automaticky zjištěn obvod  $O$  [cm] a plocha  $S$  splývavého tvaru [cm<sup>2</sup>].

V úvodní části algoritmu byl nadefinován kalibrovací vztah. Ten je zjištěn z jednoho obrázku. Pro kalibraci, stejně jako u postupu hodnocení II, posloužily nakreslené červené značky na tkanině. Díky konstantní vzdálenosti fotoaparátu od zkušebního vzorku mohl být kalibrovací vztah použit pro všechny další snímky. Následuje načítání barevných snímků, které jsou v dalším kroku převedeny do binárního obrazu. V dalších krocích dochází k nezbytné úpravě obrazu, aby mohlo dojít k získání číselných charakteristik. Dochází k vyčištění hranic obrazu a odstranění nechtěných elementů v objektu, jako jsou díry, skulinky nebo prázdná místa v objektech

na snímku. Z objektů jsou dále zjišťovány číselné charakteristiky, jako jsou plocha a obvod. Tato data jsou kalibrována a výsledná data vycházejí v centimetrech a v centimetrech čtverečných. Naměřené hodnoty obvodů  $O$  [cm] a ploch  $S$  [cm<sup>2</sup>] jsou uvedeny v příloze C.

Po automatickém spočítání plochy  $S$  a obvodu  $O$ , byla data, konkrétně velikosti ploch, podrobena testu normality. Test normality byl proveden v programu STATISTICA CZ. Pro testování byl použit Kolomogorovův – Smirnovův test a Lillieforsův test normality. Test normality potvrdil, že data pocházejí z normálního rozdělení.

Po provedení a vyhodnocení testu normality následovaly výpočty v programu STATISTICA CZ. Byl spočítán průměr ploch  $\bar{x}$ , rozptyl  $\sigma^2$ , směrodatná odchylka  $s$ , variační koeficient  $v$  a 95% interval spolehlivosti. Tyto hodnoty byly spočítány pouze pro plochu splývavých tvarů. Plocha je uvedena v cm<sup>2</sup>. Hodnoty byly zaokrouhleny na dvě desetinná místa. Popisná statistika je uvedena v tabulce č. 4.

*Tab. 4 Popisná statistika pro data získaná z hodnocení III.*

Z20 – 5	Průměr [cm <sup>2</sup> ]	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koeficient [%]	95 % IS spodní mez	95 % IS horní mez
<b>Hodnocení III</b>	351,72	10,39	3,23	0,92	351,09	352,37

Hodnocení splývavých tvarů pod označením hodnocení III bylo provedeno na snímcích splývavých tvarů získaných metodou B. Velkou výhodou hodnotící metody, pod označením hodnocení III byla rychlost získání číselných charakteristik – plocha  $S$  a obvod  $O$ . Hodnocení III je objektivní metodou pro hodnocení splývavých tvarů.

#### 4.4.5 Porovnání hodnotících metod

Některé zdroje uvádějí, že hodnocení I, které je realizováno pomocí splývavých délek a následném výpočtu velikosti ploch přináší velmi nepřesné výsledky. Aby byl potvrzen, nebo v opačném případě vyvrácen, tento předpoklad bude provedeno srovnání hodnotících metod hodnocení I a hodnocení IIA. Dále budou v kapitole srovnány hodnotící metody hodnocení II a hodnocení III. Porovnání slouží k tomu, aby bylo

určeno a vybráno, která hodnotící metoda je nejvhodnější pro nově navrženou metodu získávání splývavých tvarů (metoda B).

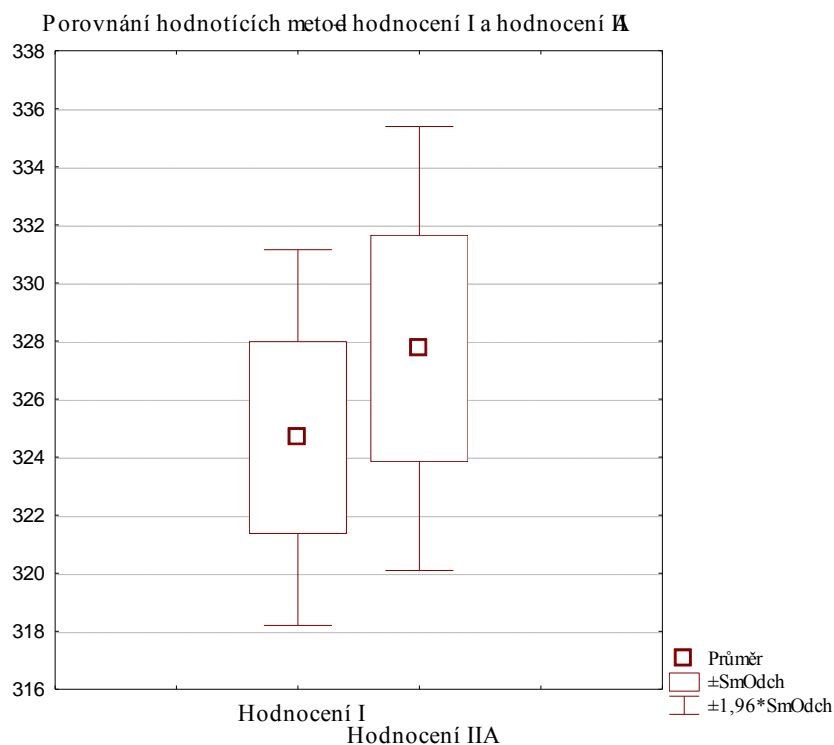
#### 4.4.5.1 Porovnání hodnocení I a hodnocení IIA

Po provedení testu normality u hodnotících metod bylo dokázáno, že data pocházejí z normálního rozdělení. Po vyhodnocení testu normality byla spočítána popisná statistika v programu STATISTICA CZ: Byl spočítán průměr ploch  $\bar{x}$ , rozptyl  $\sigma^2$ , směrodatná odchylka  $s$ , variační koeficient  $v$  a 95% interval spolehlivosti. Tyto hodnoty byly spočítány pouze pro plochu splývavých tvarů. Plocha je uvedena v  $\text{cm}^2$ . Hodnoty byly zaokrouhleny na dvě desetinná místa. Pro přehlednost je popisná statistika pro všechny hodnotící způsoby uvedena v tabulce č. 5.

*Tab. 5 Porovnání hodnotících metod – hodnocení I a hodnocení IIA*

Z20–05	Průměr [ $\text{cm}^2$ ]	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koeficient [%]	95 % IS spodní mez	95 % IS horní mez
<b>Hodnocení I</b>	324,67	10,92	3,31	1,02	324,02	325,33
<b>Hodnocení IIA</b>	327,74	15,22	3,91	1,19	326,97	328,52

Pro přehlednost je porovnání hodnotících metod znázorněno v krabicovém grafu (obr. 24). Jednotlivé hodnotící metody splývavých tvarů jsou označeny jako hodnocení I a hodnocení IIA. Hodnoty na vertikální ose jsou uvedeny v  $\text{cm}^2$ .



Obr. 24 Porovnání hodnotících metod – hodnocení I a hodnocení IIA.

Jak již bylo uvedeno výše, některé zdroje uvádějí, že hodnocení na základě vyhodnocení splývavých délek, tedy hodnocení I, je velmi nepřesnou metodou pro hodnocení splývavých tvarů. Na základě výsledků popisné statistiky uvedené v tabulce 5 a znázornění v krabicovém grafu (obr. 24) je možné vidět, že hodnotící metoda hodnocení I přináší zajímavé výsledky a není tak nepřesná hodnotící metoda, jak uvádějí některé zdroje. U metody hodnocení I je ale nevýhodou velká časová náročnost při zjišťování splývavých délek, proto byla vyřazena z kandidátů na vhodnou hodnotící metodu pro nově navrženou metodu a přípravek pro získávání splývavých tvarů.

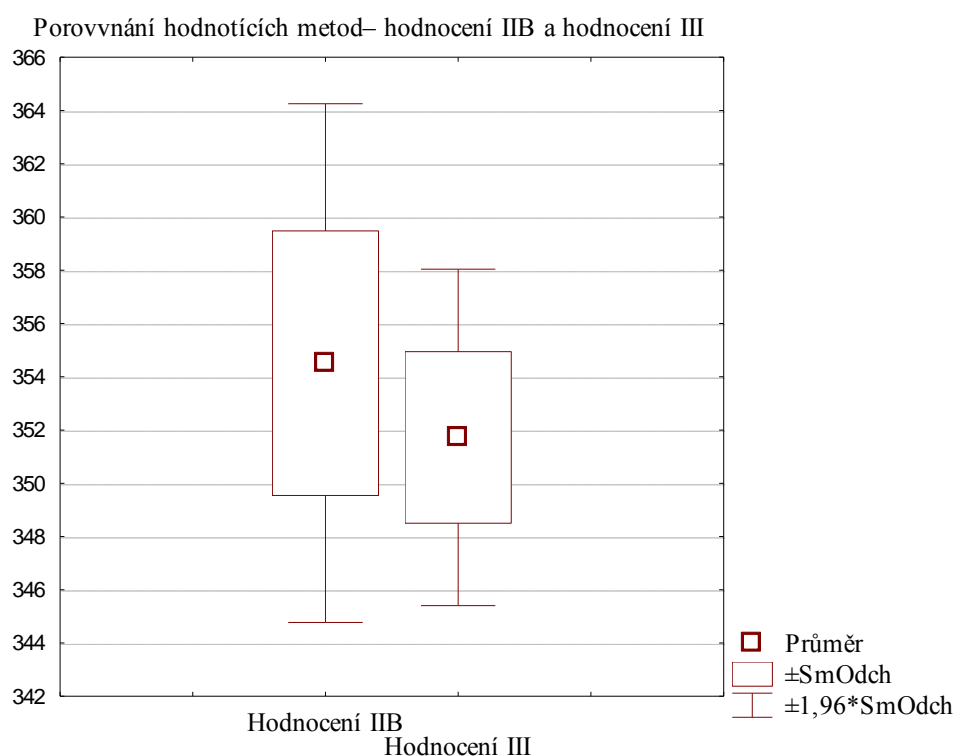
#### 4.4.5.2 Porovnání hodnocení IIB a hodnocení III

Po provedení testu normality u hodnotících metod bylo dokázáno, že data pocházejí z normálního rozdělení. Po vyhodnocení testu normality byla spočítána popisná statistika v programu STATISTICA CZ: Byl spočítán průměr ploch  $\bar{x}$ , rozptyl  $\sigma^2$ , směrodatná odchylka  $s$ , variační koeficient  $v$  a 95% interval spolehlivosti. Tyto hodnoty byly spočítány pouze pro plochu splývavých tvarů. Plocha je uvedena v  $\text{cm}^2$ . Hodnoty byly zaokrouhleny na dvě desetinná místa. Pro přehlednost je popisná statistika pro všechny hodnotící způsoby uvedena v tabulce č. 6.

Tab. 6 Porovnání hodnotících metod – hodnocení IIB a hodnocení IIIa

Z20–05	Průměr [cm <sup>2</sup> ]	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koeficient [%]	95 % IS spodní mez	95 % IS horní mez
<b>Hodnocení IIB</b>	354,51	24,70	4,97	1,40	353,53	355,50
<b>Hodnocení III</b>	351,72	10,39	3,23	0,92	351,09	352,37

Pro přehlednost je porovnání hodnotících metod znázorněno v krabicovém grafu (obr. 25). Jednotlivé hodnotící metody splývacích tvarů jsou označeny jako hodnocení IIB a hodnocení III. Hodnoty na vertikální ose jsou uvedeny v cm<sup>2</sup>.



Obr. 25 Srovnání hodnotících metod – hodnocení IIB a hodnocení III.

Při rozhodování, která ze zbývajících hodnotících metod splývacích tvarů je přesnější a vhodnější je vycházeno z porovnání hodnot rozptylů. Pro hodnocení II vychází rozptyl 24,70 a pro hodnocení III je rozptyl 10,39. Z porovnání naměřených a vypočtených hodnot lze vyvodit závěr, že hodnocení III je přesnější způsob vyhodnocování splývacích tvarů. Mimo jiné je velkou výhodou hodnotící metody hodnocení III značná

časová nenáročnost – 100 snímků je vyhodnoceno v průměru za 0,5 hodiny čistého času.

Pro nově navrženou metodu získávání splývavých tvarů (metoda B) a nově navržený přípravek je vhodnou hodnotící metodou automatická metoda hodnocení III.

#### **4.4.6 Ověření opakovatelnosti použití hodnotící metody – hodnocení III**

Cílem této kapitoly je potvrzení opakovatelnosti použití hodnotící metody hodnocení III.

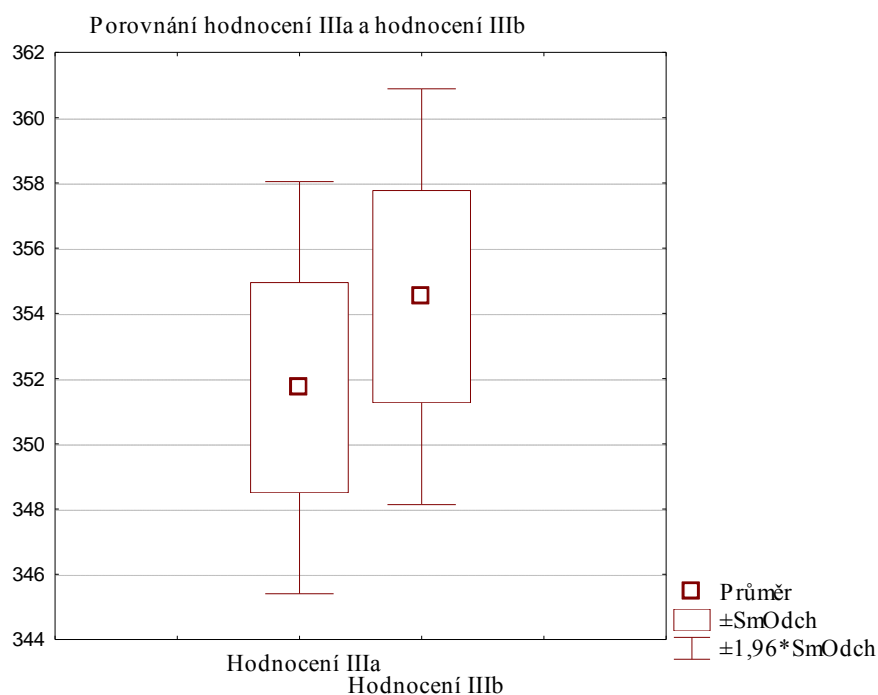
Metodou B bylo naměřeno dalším 100 snímků na tkanině Z20 – 5. Jako hodnotící metoda byla použita metoda hodnocení III. Pro porovnání a ověření správnosti byla použita již dříve naměřená data metodou B a vyhodnocená metodou hodnocení III a nově naměřená data metodou B vyhodnocená způsobem hodnocení III. V dalším textu budou dříve naměřená data (v předchozím porovnání označována jako hodnocení III) označena jako hodnocení IIIa a nově naměřená data hodnocení IIIb (viz. příloha C). Porovnávány budou průměry ploch splývavých tvarů. Pro přehlednost jsou hodnoty ploch uvedeny v  $\text{cm}^2$ . Před samotným porovnáváním dat byl proveden test normality, aby bylo potvrzeno, že data pocházejí z normálního rozdělení. Test normality byl proveden ve statistickém programu STATISTICA CZ. Test normality potvrdil, že data pocházejí z normálního rozdělení. V programu STATISTICA CZ byl spočítán průměr ploch  $\bar{x}$ , rozptyl  $\sigma^2$ , směrodatná odchylka  $s$ , variační koeficient  $v$  a 95% interval spolehlivosti. Tyto hodnoty byly spočítány pouze pro plochu splývavých tvarů. Hodnoty byly zaokrouhleny na dvě desetinná místa. Pro přehlednost je popisná statistika zaznamenána v tabulce č. 7.



Tab. 7 Porovnání hodnocení IIIa a hodnocení IIIb.

Z20 – 5	Průměr [cm <sup>2</sup> ]	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koeficient [%]	95 % IS spodní mez	95 % IS horní mez
<b>Hodnocení IIIa</b>	351,72	10,39	3,23	0,92	351,09	352,37
<b>Hodnocení IIIb</b>	354,51	10,58	3,26	0,92	353,87	355,16

Pro přehlednost je porovnání dříve naměřených dat pod označením hodnocení IIIa a nově naměřených dat pod označením hodnocení IIIb znázorněno v krabicovém grafu (obr. 26).



Obr. 26 Porovnání hodnocení IIIa a hodnocení IIIb.

Na základě výsledků popisné statistiky (tab. 7) a znázornění do krabicového grafu (obr. 26) je patrné, že hodnoty se významně neliší. Těmito výsledky byla potvrzena opakovatelnost nově navržené hodnotící metody. Což ukazuje, že použitá metoda B a v kombinaci s hodnocením III jsou vhodnými metodami pro měření a vyhodnocování splývavých tvarů.

## **4.5 Porovnání klasické metody a metody obrazové analýzy – hodnocení III**

Klasická metoda pro hodnocení splývavosti vychází z ČSN 80 0835, celým názvem Zkoušení splývavosti plošných textilií průmětem. Podstata měření podle normy vychází z toho, že pro zjišťování splývavosti určitého materiálu bylo nutné vystříhnout pět samostatných vzorků. Vzorky byly umístěny na disk a byla zjištěna jejich plocha splývavého tvaru. A to pokaždé na jednom vzorku. Pokud byli badatelé přesnější, na každém vzorku provedli pět měření. Ta byla změřena metodou planimetrování klasickým planimetrem. Tento postup byl dostačující pro zjišťování splývavosti dvou výrazně odlišných materiálů. Naopak při zjišťování splývavosti dvou materiálů podobných textilií se tento postup jevil jako nedostatečný. Při malém opakování měření byly výsledky, které mají vypovídat o splývavosti materiálů, nevypovídající. Aby naměřená data byla vypovídající v oblasti splývavosti, je nutné zajistit přesnější naměřené dat. Obecně platí, že k dosažení větší přesnosti měření, musí být měření provedeno s více opakováním. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto navýšit počet opakování na jednom vzorku. Počet provedených opakování bylo 100 na každém vzorku. Častějším opakováním měření, tj. 100 krát na jednom vzorku, by mělo dojít k menší rozptýlenosti naměřených hodnot a tím pádem i větší přesnosti naměřených hodnot. V případě, že by byla myšlenka více opakování provedena na základě české státní normy, došlo by k velké časové náročnosti při přípravě zkušebních vzorků a dále by došlo k velké spotřebě materiálů.

V experimentální části diplomové práce byla navržena nová metoda pro získávání splývavých tvarů – metoda B a jako hodnotící metoda obrazová analýza hodnocení III. Nově navržená metodika vychází z toho, že bude na jednom vzorku provedeno opakované měření. Měření bylo realizováno na nově navrženém přípravku. Splývavé tvary jsou vyhodnoceny dle hodnocení III. To znamená obrazovou analýzou pomocí programu Matlab<sup>®</sup>.

Při srovnání klasické metody, která vychází z české státní normy a nově navržené metody B, přípravku a hodnotící metody splývavých tvarů hodnocení III bylo zjišťováno, zda může být použit pouze jeden vzorek pro opakované měření, nebo zda musí být na základě klasické metody používán pro každé měření vzorek zvlášť.

V případě, že by bylo experimentem potvrzeno, že je možné experiment provádět opakovaně na jednom a tom samém vzorku, znamenalo by to přesnější výsledky v oblasti měření splývavosti a tím pádem by mohlo být používáno komplexní měření splývavosti. To znamená zahrnutím všech parametrů, které podle nově vyslovené hypotézy závisí na splývavosti nejvíce – plocha, obvod, počet laloků. Dále také úsporu materiálu pro výzkum a také velkou úsporu času při přípravě zkušebních vzorků.

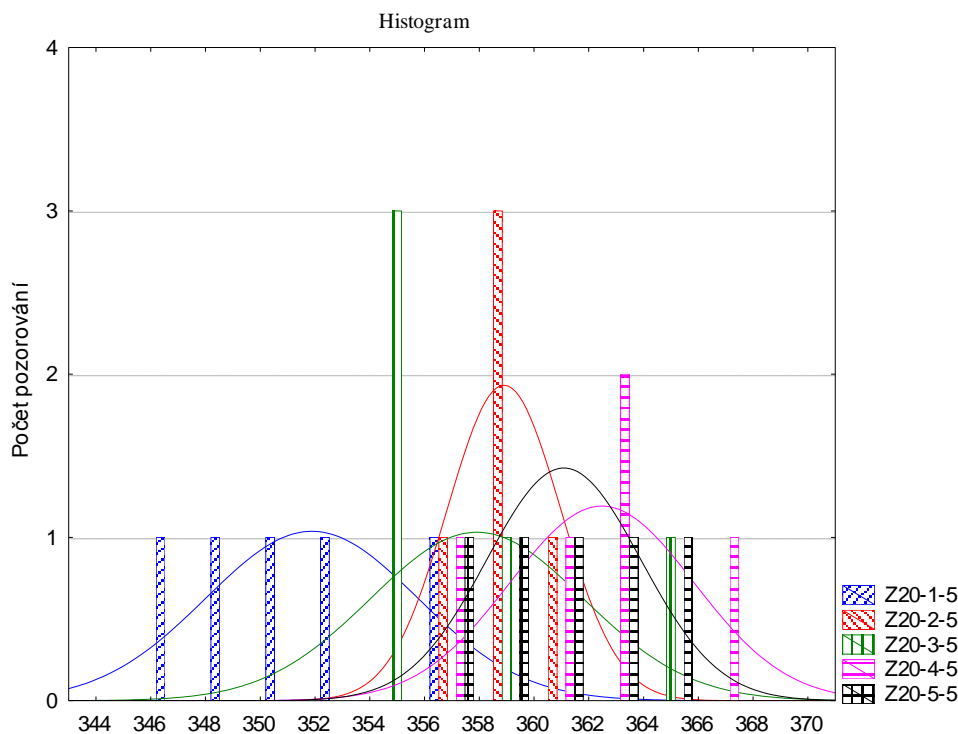
#### Postup měření – klasická metodika (5 měření na 5 – ti vzorcích):

Pro měření klasickou metodikou bylo připraveno 5 kusů vzorků ze stejné tkaniny (označení Z20 – 1 – 5, Z20 – 2 – 5, Z20 – 3 – 5, Z20 – 4 – 5, Z20 – 5 – 5). Při měření klasickou metodikou se vycházelo z nově navržené metody získávání splývavých tvarů – metoda B. Měření bylo provedeno na jednoduchém přípravku, který je součástí navržené metody B. Na každém vzorku bylo provedeno 5 měření. To znamená, že celkem bylo získáno 25 hodnot (viz. příloha D). Splývavé tvary byly vyhodnocovány hodnocením III – obrazovou analýzou v programu Matlab<sup>®</sup>. Hodnocena byla velikost splývavé plochy. Hodnoty jsou uvedeny v cm<sup>2</sup>.

#### Postup měření – nově navržená metodika:

Nová metodika spočívá v opakovaném měření na jednom zkušebním vzorku. Splývavé tvary byly získávány metodou B. Měření bylo provedeno na jednoduchém přípravku, který je součástí navržené metody B. Pro měření nově navrženou metodikou byl připraven jeden vzorek (viz. příloha C). Vzorek je označen jako Z20 – 05. Na zkušebním vzorku bylo provedeno 100 měření. Splývavé tvary byly vyhodnocovány hodnocením III – obrazovou analýzou v programu Matlab<sup>®</sup>. Hodnocena byla velikost splývavé plochy. Hodnoty jsou uvedeny v cm<sup>2</sup>.

Data naměřená klasickou metodikou byla zaznamenána do histogramů. Na histogramu je možné vidět překryvy mezi daty. To signalizuje, že data jsou si podobná a pocházejí z jednoho souboru. Pro názornost jsou data pojmenována v legendě grafu. Hodnoty na horizontální ose jsou uvedeny v cm<sup>2</sup>. Histogram je na obr. 27.



Obr. 27 Histogram pro 5 měření na každém vzorku.

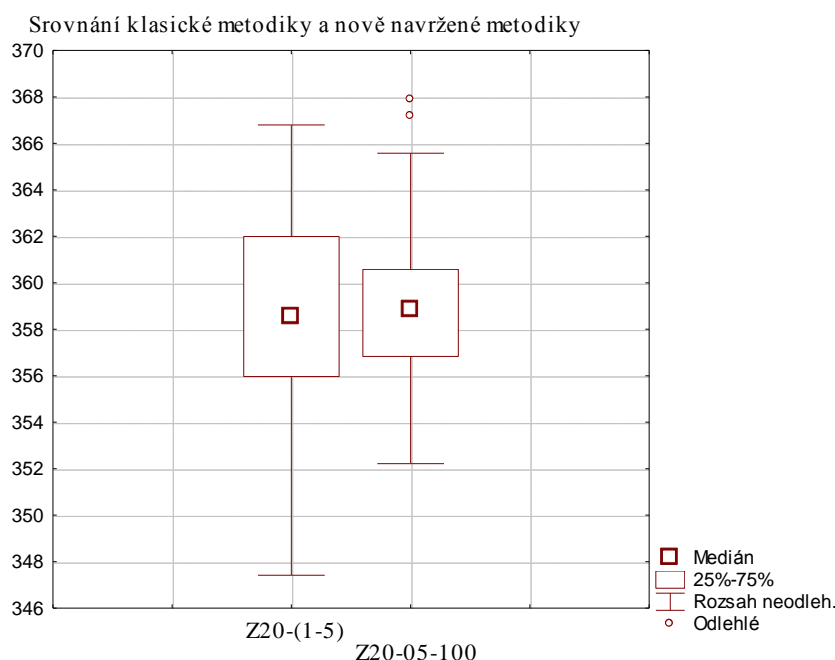
Popisná statistika pro 5 měření provedených na samostatných vzorcích je uvedena v tabulce č. 8. Hodnoty byly zaokrouhleny na dvě desetinná místa.

Tab. 8 Popisná statistika pro 5 měření provedených na samostatných vzorcích.

	Průměr [cm <sup>2</sup> ]	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koeficient [%]	95 % IS spodní mez	95 % IS horní mez
<b>Z20-1-5</b>	351,84	14,79	3,85	1,1	347,07	356,62
<b>Z20-2-5</b>	358,82	4,27	2,07	0,58	356,26	361,39
<b>Z20-3-5</b>	357,84	14,95	14,95	4,18	353,05	362,65
<b>Z20-4-5</b>	362,38	11,21	11,21	3,10	358,23	366,54
<b>Z20-5-5</b>	361,00	7,84	7,84	2,72	357,53	364,48

Popisná statistika pro 100 naměřených hodnot na jednom zkušebním vzorku je uvedena v tabulce 7. Krabicové diagramy pro 5 měření na samostatných vzorcích jsou uvedena v příloze D.

Porovnání klasické metody a nově navržené metodiky (označení Z20 – 5 – 100) je interpretováno v krabicovém grafu, který je zobrazen na obrázku 28. Pro přehlednost byla data, naměřená klasickou metodikou, sloučena (označení Z20 – (1 – 5)). Pro lepší znázornění normality do grafu byl jako parametr krabicového grafu zvolen medián. Na krabicovém grafu je vidět, že data jsou symetrická a ukazuje to, že pocházejí z normálního rozdělení. Hodnoty mediánu jsou téměř stejné. Tím je potvrzeno, že nová metodika, která spočívá v naměření 100 hodnot, na jednom vzorku přináší stejná data jako klasická metoda. Dokonce je možné tvrdit, že nově navržená metodika vzhledem k počtu naměřených dat je přesnější. Jak je vidět z rozptylu naměřených dat. Hodnoty na horizontální ose jsou uvedeny v  $\text{cm}^2$ .



Obr. 28 Srovnání klasické metodiky a nově navržené metodiky.

Výsledky provedeného experimentu potvrzují, že nově navržená metodika, přináší stejné výsledky jako ověřená klasická metoda, kdy se měří pětkrát na pěti vzorcích. Z porovnání dat vyplývá, že nově navržená metodika je přesnější. A to z ní dělá, společně s faktem, že je spolehlivější časově a materiálově úspornější, vhodnou moderní metodu pro získávání a vyhodnocování dat pro měření splývavosti. Díky tomu, že bylo dokázáno, že nově navržená metodika je stejně spolehlivá jako klasická metoda, je možné získávat velké soubory dat pro komplexní měření splývavosti (komplexní měření splývavosti porovnává tři hlavní faktory – obsah, obvod a počet laloků). Na získaném

velkém počtu naměřených hodnot už lze pozorovat chování laloků. Počet laloků je stejně důležitým parametrem jako například velikost plochy splývavého tvaru.

#### **4.6 Navržení jednoduchého účelového zařízení**

V experimentální části byla navržena nová metoda B pro zjišťování splývavých tvarů. Metoda B byla realizována na nově navrženém přípravku. Po provedení experimentů a jejich vyhodnocení byla potvrzena správnost tohoto přípravku. K dalším přednostem navrženého přípravku patří zachování konstantních podmínek při zjišťování splývavých tvarů. Konstantními podmínkami jsou myšleny rychlost a dráha, po které byl vzorek spouštěn. Nevýhodou přípravku je potřeba neustálé manuální obsluhy, která je nežádoucí především u měření velkého množství dat. Tento nedostatek by se dal odstranit tím, že by byl zdvih vzorku automatizován a tím by byla většina manuálních úkonů nahrazena samočinným mechanismem. To by značně ulehčilo práci při sběru velkého množství snímků. Bylo by vhodně navrhnout jednoduché účelové zařízení, jehož zdvihač mechanismus by pracoval například na principu vačky. S určitým nastavitelným intervalem by toto jednoduché účelové zařízení opakovaně zdvihalo vzorek a s určitým nastavitelným časovým intervalem ho pouštělo po vodící tyči na zářezku. Po dopadu nosného disku se vzorkem na doraz aparatury by fotoaparát, který by byl součástí, pořídil snímek vzniklého splývavého tvaru a odeslal jej přímo do připojeného počítače. V počítači by byl snímek vyhodnocen vhodnou hodnotící metodou, například hodnocení III. Po pořízení snímku by byl celý proces zopakován. Zdvih mechanismu, perioda pořizování snímku a počet měřících cyklů by byly volně nastavitelné, aby bylo možné měnit podmínky měření dle aktuálních požadavků experimentátora. Tím by byla vytlačena většina manuální práce a experimentátor by zařízení obsluhoval pouze při výměně vzorků a nastavování parametrů aparatury. Vyhodnocovací software by mohl být rozšířen o další funkce, jako například rozložení splývavého tvaru na rovinnou vlnu a její následné vyhodnocení Fourierovou transformací. Při dostatečně velkém množství pořízených snímků by se mohlo realizovat i navrhované vyhodnocení deterministického chaosu a nalezení ideálního splývavého tvaru textilie. V úvahu by přicházelo další možné rozšíření funkcí hodnotícího softwaru podle požadavků experimentátora.

## 5. Závěr

Cílem diplomové práce bylo prokázání, zda platí vyslovené hypotézy. První vyslovená hypotéza pojednává, zda splývavost lze lépe hodnotit pomocí tří veličin popisujících splývavý tvar. Obsah obrazce, obvod obrazce a počet záhybů. Druhá hypotéza pojednává o tom, zda pokud bude proměřeno méně vzorků (například dva) s velkým množstvím opakování (například 100) v porovnání s pěti proměřenými vzorky (s pěti opakováními), bude získána dostatečná charakteristika splývavého tvaru.

Experimentální část byla zahájena měřením splývavosti. Měření probíhalo podle metody, která byla již dříve navržena v diplomové práci Dudové. V metodě byl použit nový princip, kdy vzorek není jako u dynamických drapemeterů roztáčen, nýbrž byl se zkušebním vzorkem prováděn vertikální pohyb směrem nahoru a dolů. Myšlenka použití vertikálního pohybu byla inspirována běžným používáním oděvu. Na základě výsledků a nedostatků spojených s metodou, jež byla uvedena v diplomové práci Dudové, byla navržena nová metoda získávání splývavých tvarů – metoda B. Pro získávání splývavých tvarů metodou B byl navržen jednoduchý přípravek. Získané splývavé tvary byly hodnoceny. Pro hodnocení splývavého tvaru byly navrženy tři způsoby hodnocení. Ty byly mezi sebou porovnány a byl vybrán nejvhodnější způsob hodnocení splývavého tvaru – hodnocení III.

Původně bylo při vyhodnocování splývavosti vycházeno z podobnosti splývavých tvarů a jejich konkrétní podoby. V předchozích vědeckých pracích byl tento parametr vyhodnocován z malého souboru dat. Na malém souboru dat se tvar splývavé plochy a počet laloků jevil skutečně jako náhodná veličina. Tento předpoklad byl vyvrácen a byla vyslovena hypotéza, že se tvar splývavé plochy a počet laloků není náhodný, ale chová se jako deterministický chaos. Na základě experimentu byla tato hypotéza potvrzena.

Dále byla vyslovena hypotéza, že optimální hodnocení splývavosti by mělo zahrnovat tři parametry – plochu, obvod, a počet laloků. Hypotéza byla pojmenována jako hypotéza komplexního měření. Vyslovená hypotéza, komplexního měření splývavosti se zahrnutím parametrů plocha, obvod a počet laloků nemůže být realizována na malém souboru dat. Tento fakt inspiroval vznik nově navržené metodiky zjišťování splývavosti. Byl navržen nový postup, kdy se proměří méně vzorků (například dva) s velkým množstvím opakování (například 100). Správnost hypotézy

tohoto postupu byla ověřena srovnáním s klasickou metodou, kde se používá pět proměřených vzorků (s pěti opakováními). Výsledky experimentu potvrdily, že nově navržená metodika přinesla stejné výsledky jako ověřená klasická metoda. Z porovnání naměřených dat byl vyvozen závěr, že nová metodika je přesnější. A to z ní dělá, společně s faktem, že je časově spolehlivější a materiálově úspornější, vhodnou moderní metodou pro získávání a vyhodnocování dat pro měření splývavosti. Vzhledem k tomu, že bylo dokázáno, že metodika je spolehlivá a lze ji používat v praxi. Touto metodou je možné získávat velké soubory dat pro komplexní měření splývavosti. Na tomto velkém souboru naměřených hodnot už lze pozorovat chování laloků.

Bylo popsáno vylepšení navrženého přípravku. Vycházelo bylo z hlavní nevýhody přípravku a tou je neustálá potřeba manuální obsluhy, která je nežádoucí především u měření velkého množství dat. Nedostatek by se dal odstranit tím, že by byl zdvih vzorku automatizován a tím by byla většina manuálních úkonů nahrazena samočinným mechanismem. Bylo by vhodné navrhnout jednoduché účelové zařízení, jehož zdvihací mechanismus by pracoval například na principu vačky. Zdvih mechanismu, perioda pořizování snímku a počet měřících cyklů by byly volně nastavitelné, aby bylo možné měnit podmínky měření dle aktuálních požadavků experimentátora.

Závěrem je tedy možné napsat, že nově navržená metoda B v kombinaci s hodnocením III a navrženým pracovním postupem je moderní způsob získávání splývavosti. Dále lze uvést, že všechny hypotézy byly na základě experimentu potvrzeny.



## Seznam použitých literárních zdrojů

- [1] *Omak plošných textilií* [online]. [vid. 2012-12-30]. Dostupné z WWW: <[http://www.kod.tul.cz/predmety/STE/dalsi\\_podklady/STE-06-KES\\_omak.pdf](http://www.kod.tul.cz/predmety/STE/dalsi_podklady/STE-06-KES_omak.pdf)>.
- [2] BAJZÍK, V. *Hodnocení omaku textilií*. Liberec, 2009. Disertační práce. Technická univerzita v Liberci.
- [3] HES, L., SLUKA, P. *Úvod do komfortu textilií*. Liberec, Katedra hodnocení textilií, Technická univerzita v Liberci, 2005.
- [4] HLOCH, S., SODOMKA, L., VALÍČEK, J. A RADVANSKÁ, A. *Struktura, vlastnosti, diagnostika a technologie textilií*. 1. Vyd. Prešov: Vydavateľstvo Michala Vaška, 2006. ISBN80-8073-665-5.
- [5] KOVAČIČ, V. *Textilní zkušebnictví 2*, 1. Vydání, Liberec, Katedra textilních materiálů, Technická univerzita v Liberci 2004. ISBN 80-7083-825-6.
- [6] STANĚK, J. *Nauka o textilních materiálech: díl I, část 4, Vlastnosti délkových a plošných textilií*. Liberec: VŠCT, 1988.
- [7] *Organoleptické vlastnosti trojrozměrných textilních útvarů* [online]. [vid. 2012-1-6]. Dostupné z WWW: <[http://www.ft.tul.cz/science/archiv/zamery/vz04/vzp\\_04.pdf](http://www.ft.tul.cz/science/archiv/zamery/vz04/vzp_04.pdf)>.
- [8] GLOMBÍKOVÁ, V., HALASOVÁ, A., VÍTOVÁ, J. *Vplyv tuhosti a dĺžky previsu na splývavosť*. Strutex, 8. národní konference. TU v Liberci, 2001.
- [9] ČSN 80 0835. *Zkoušení splývavosti plošných textilií průmětem*. 1971.
- [10] *Mechanics of fabric drape* [online]. [vid. 2012-2-16]. Dostupné z WWW: <<http://repository.lib.ncsu.edu/ir/bitstream/1840.16/2742/1/etd.pdf>>.
- [11] *Factors Affecting Draping Quality of Fabric and Its Measurement* [online]. [vid. 2012-2-16]. Dostupné z WWW: <<http://www.fibre2fashion.com/industry-article/25/2412/factors-affecting-draping-quality-of-fabric-and-its-measurement2.asp>>.
- [12] DUDOVÁ, M. *Vliv anizotropie ohybové tuhosti na splývavost tkanin*. Diplomová práce. Liberec, 2012. Technická univerzita v Liberci. Katedra hodnocení textilií.
- [13] INTERNÍ NORMA č. 23-202-01/01. *Splývavost tkanin. Ohyb přes ostrý roh*. Liberec, 2003.
- [14] *Fabric drape & its measurement* [online]. [vid. 2012-2-16]. Dostupné z WWW: <<http://www.indiantextilejournal.com/articles/FAdetails.asp?id=481>>.

- [15] *Factors Affecting Draping of Fabric and Its Measurement* [online]. [vid. 2012-2-18]. Dostupné z WWW: <<http://www.fibre2fashion.com/industry-article/25/2412/factors-affecting-draping-quality-of-fabric-and-its-measurement2.asp>>.
- [16] *What is drape? Cusick Drape Test* [online]. [vid. 2012-2-18]. Dostupné z WWW: <<http://textilelearner.blogspot.cz/2012/02/what-is-drape-cusick-drape-test.html>>.
- [17] SANAD, R., CASSIDY, T., CHEUNG, V. *Fabric and Garment Drape Measurement – Part I*. Journal of Fiber Bioengineering & Informatics 5:4, 2012, s. 341-358.
- [18] WANG, P.N.. *The Dynamic Drape Characteristic of Cotton Woven Fabrics with Forward and Reciprovating Rotations*. Department of Materialn adn Fiber, Nanya Institute of Technology, Jhongli, Taiwan.
- [19] *Analysis of 3D deformation of woven composite reinforcements*. [online]. [vid. 2012-2-18]. Dostupné z WWW: <[http://doktori.bme.hu/bme\\_palyazat/2012/hallgato/honlap/al\\_gaadi\\_bidour\\_en.htm](http://doktori.bme.hu/bme_palyazat/2012/hallgato/honlap/al_gaadi_bidour_en.htm)>.
- [20] SHYR, T., WANG P., LIN J. *Subjective and Objective Evaluation Methods to Deterrrmine the Peak-through Treshold of the Drape Fabric Node*. Textile Research Journal, 2009, s. 1223-1234.

## **PŘÍLOHY**

## PŘÍLOHA A – Porovnání metody A a metody B

Tab.A1: Výpočet plochy S [cm<sup>2</sup>], obvodu O [cm], DC [%] – metoda A, hodnocení IIA

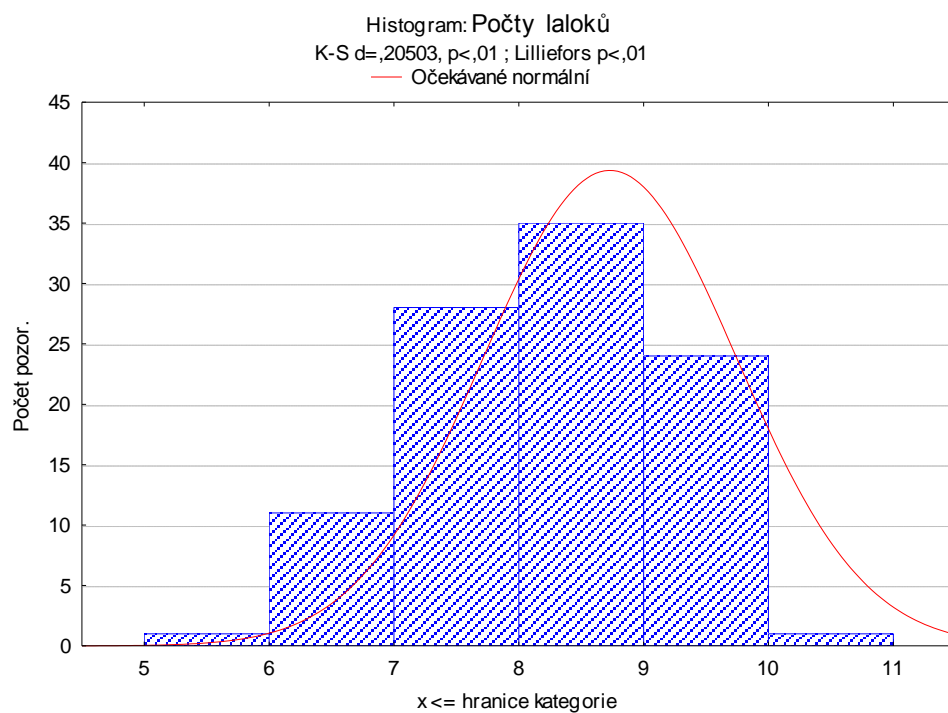
č. měření	plocha[cm <sup>2</sup> ]	obvod[cm]	DC[%]	č. měření	plocha[cm <sup>2</sup> ]	obvod[cm]	DC[%]
1	329,7222	81,689	16,63	51	327,4409	83,03	16,13
2	325,4861	80,998	15,7	52	323,0811	82,655	15,17
3	330,258	81,417	16,75	53	324,8568	81,199	15,56
4	324,8802	81,731	15,56	54	338,663	81,922	18,61
5	331,2309	81,932	16,97	55	330,3931	81,768	16,78
6	324,7382	82,384	15,53	56	332,4975	82,141	17,25
7	324,0176	83,294	15,37	57	324,0935	82,257	15,39
8	332,7674	81,81	17,31	58	325,2256	82,066	15,64
9	330,8532	83,977	16,88	59	327,0267	82,632	16,04
10	325,334	84,867	15,66	60	320,7943	81,678	14,66
11	321,2013	83,072	14,75	61	326,1379	81,343	15,84
12	325,9461	81,641	15,8	62	328,1052	82,002	16,28
13	320,0556	81,716	14,5	63	328,481	80,978	16,36
14	325,8286	82,305	15,77	64	323,7883	82,843	15,32
15	324,1843	83,334	15,41	65	333,2374	81,563	17,41
16	325,4092	81,783	15,68	66	327,7636	81,699	16,2
17	321,9014	82,445	14,91	67	324,1456	81,709	15,4
18	327,5075	82,257	16,15	68	323,1831	83,032	15,19
19	318,284	80,99	14,11	69	322,4156	81,708	15,02
20	325,7464	81,873	15,76	70	334,5762	81,752	17,71
21	324,0187	82,73	15,37	71	328,8523	81,457	16,44
22	323,7541	82,143	15,32	72	327,6371	80,436	16,17
23	334,2681	82,734	17,64	73	328,3513	80,727	16,33
24	327,224	82,606	16,08	74	334,1354	81,998	17,61
25	323,8193	82,77	15,33	75	337,8433	83,641	18,43
26	325,7524	82,909	15,76	76	326,3732	83,595	15,89
27	332,0631	83,108	17,15	77	330,3857	82,181	16,78
28	331,0113	82,809	16,92	78	324,1962	82,924	15,41
29	332,6827	84,141	17,29	79	328,6334	80,774	16,39
30	333,2543	82,07	17,42	80	330,3128	82,425	16,77
31	330,9495	83,12	16,91	81	327,1806	83,54	16,07
32	324,8012	82,957	15,55	82	332,6945	82,588	17,29
33	332,5244	83,23	17,25	83	327,3	84,17	16,1
34	330,5685	84,315	16,82	84	322,7855	82,156	15,1
35	326,682	81,499	15,96	85	322,6199	84,589	15,06
36	326,8769	82,854	16,01	86	329,1173	84,153	16,5
37	328,8821	82,796	16,45	87	330,5172	83,937	16,81
38	327,0326	82,456	16,04	88	330,6696	83,641	16,84
39	328,4336	81,496	16,35	89	325,2274	83,06	15,64
40	323,3933	81,983	15,24	90	327,2242	83,69	16,08
41	331,3626	82,229	17	91	328,902	83,542	16,45
42	333,2085	81,653	17,41	92	327,4644	84,49	16,14
43	323,6621	82,045	15,3	93	332,4338	84,163	17,23
44	326,066	82,491	15,83	94	329,9706	83,168	16,69
45	331,1066	82,628	16,94	95	328,175	83,83	16,29
46	328,004	82,292	16,25	96	332,5315	83,293	17,26
47	332,7435	81,953	17,3	97	323,705	82,55	15,3
48	327,6888	81,909	16,19	98	330,6343	82,229	16,84
49	323,9485	82,436	15,36	99	331,605	81,724	17,05
50	326,1881	82,341	15,85	100	323,5131	81,786	15,26

Tab.A2: Výpočet plochy S [cm<sup>2</sup>], obvodu O [cm], DC [%] – metoda B, hodnocení IIB

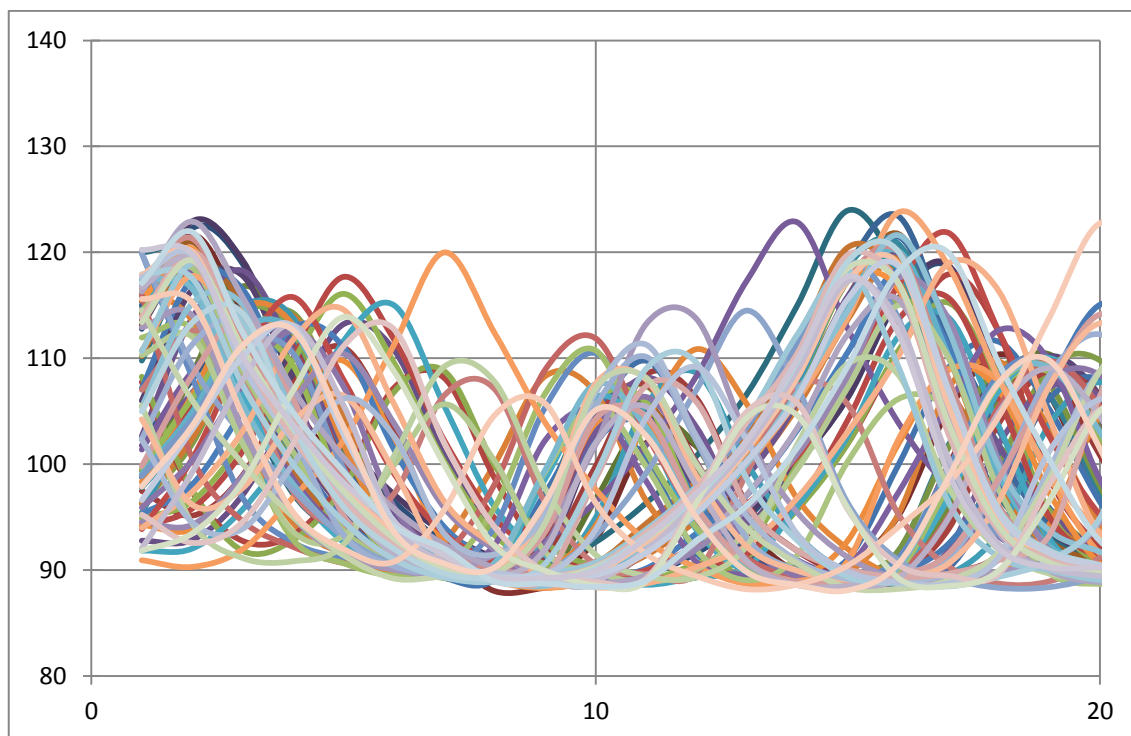
č. měření	plocha[cm <sup>2</sup> ]	obvod[cm]	DC[%]	č. měření	plocha[cm <sup>2</sup> ]	obvod[cm]	DC[%]
1	351,16	81,689	21,37	51	359,0489	83,03	23,12
2	364,4938	80,998	24,32	52	366,1896	82,655	24,7
3	354,0488	81,417	22,01	53	356,9622	81,199	22,66
4	357,6675	81,731	22,81	54	354,9507	81,922	22,21
5	352,9857	81,932	21,78	55	362,6605	81,768	23,92
6	365,802	82,384	24,61	56	351,9158	82,141	21,54
7	357,563	83,294	22,79	57	348,8802	82,257	20,87
8	349,5167	81,81	21,01	58	345,3557	82,066	20,09
9	348,1333	83,977	20,7	59	352,8164	82,632	21,74
10	356,8184	84,867	22,62	60	358,5777	81,678	23,01
11	359,1538	83,072	23,14	61	355,6269	81,343	22,36
12	354,2734	81,641	22,06	62	353,5808	82,002	21,91
13	354,417	81,716	22,09	63	354,0063	80,978	22
14	357,8351	82,305	22,85	64	352,9604	82,843	21,77
15	347,248	83,334	20,51	65	358,4797	81,563	22,99
16	355,9016	81,783	22,42	66	350,6332	81,699	21,26
17	353,6548	82,445	21,92	67	354,235	81,709	22,05
18	351,0549	82,257	21,35	68	345,4888	83,032	20,12
19	362,6679	80,99	23,92	69	353,3636	81,708	21,86
20	346,7619	81,873	20,4	70	348,6299	81,752	20,81
21	351,5245	82,73	21,45	71	350,2659	81,457	21,18
22	350,207	82,143	21,16	72	355,867	80,436	22,41
23	355,5459	82,734	22,34	73	352,6493	80,727	21,7
24	342,5709	82,606	19,47	74	350,4276	81,998	21,21
25	364,6076	82,77	24,35	75	355,5637	83,641	22,35
26	356,4408	82,909	22,54	76	355,4174	83,595	22,31
27	348,2556	83,108	20,73	77	364,3128	82,181	24,28
28	354,2295	82,809	22,05	78	354,6113	82,924	22,14
29	353,0778	84,141	21,8	79	346,8113	80,774	20,41
30	359,7126	82,07	23,26	80	355,3687	82,425	22,3
31	357,7367	83,12	22,83	81	360,05	83,54	23,34
32	353,0123	82,957	21,78	82	357,7145	82,588	22,82
33	350,9466	83,23	21,33	83	356,5831	84,17	22,57
34	351,4562	84,315	21,44	84	349,2765	82,156	20,96
35	361,1777	81,499	23,59	85	360,5168	84,589	23,44
36	355,8792	82,854	22,42	86	356,9025	84,153	22,64
37	353,7011	82,796	21,94	87	350,4159	83,937	21,21
38	351,5473	82,456	21,46	88	350,6837	83,641	21,27
39	354,9221	81,496	22,21	89	348,6652	83,06	20,82
40	355,3147	81,983	22,29	90	358,5952	83,69	23,02
41	354,4198	82,229	22,09	91	359,8003	83,542	23,28
42	348,7247	81,653	20,84	92	363,3695	84,49	24,07
43	352,2661	82,045	21,62	93	354,7845	84,163	22,17
44	350,4204	82,491	21,21	94	355,6618	83,168	22,37
45	350,6218	82,628	21,25	95	364,5941	83,83	24,34
46	351,2175	82,292	21,39	96	358,4542	83,293	22,99
47	357,174	81,953	22,7	97	352,5926	82,55	21,69
48	347,9533	81,909	20,66	98	355,8988	82,229	22,42
49	342,6722	82,436	19,5	99	357,7698	81,724	22,83
50	358,5526	82,341	23,01	100	356,151	81,786	22,48

## PŘÍLOHA B – Proměnlivost splývavého tvaru

Obr. B1 Počty laloků – tkanina Z20 – 5.



Obr. B2 Rozložení splývavého tvaru – křivky splývacích tvarů – tkanina Z20 – 5.



## PŘÍLOHA C – Hodnocení splývavého tvaru

Tab.C1: Výpočet plochy S [cm<sup>2</sup>], obvodu O [cm], DC [%] – hodnocení I

č. měření	plocha[cm <sup>2</sup> ]	obvod[cm]	DC[%]	č. měření	plocha[cm <sup>2</sup> ]	obvod[cm]	DC[%]
1	326,8321	78,206	16	51	320,062	77,9296	14,5
2	325,2579	78,3919	15,65	52	319,5601	78,4223	14,39
3	323,7219	79,2318	15,31	53	322,1694	78,1684	14,97
4	326,7827	78,2458	15,98	54	334,6731	77,3353	17,73
5	328,2217	79,2576	16,3	55	322,3335	78,3136	15
6	326,2495	78,2432	15,87	56	325,1485	78,0198	15,62
7	325,6701	79,1365	15,74	57	320,4075	77,8	14,58
8	326,7087	78,4811	15,97	58	320,8165	77,614	14,67
9	324,7858	79,0897	15,54	59	327,77	77,2046	16,2
10	323,4823	78,8609	15,26	60	321,7409	78,72	14,87
11	324,3897	79,1923	15,46	61	321,6617	77,5555	14,85
12	321,7187	78,923	14,87	62	321,2663	78,5815	14,77
13	323,5457	78,9982	15,27	63	324,9654	78,089	15,58
14	326,5757	78,6254	15,94	64	322,9325	78,8931	15,13
15	322,3382	78,5	15	65	330,0343	77,2439	16,7
16	326,6725	78,7885	15,96	66	324,2796	78,2241	15,43
17	330,6925	79,0827	16,85	67	321,1773	78,2988	14,75
18	324,7122	78,4556	15,53	68	319,5614	77,8697	14,39
19	324,1477	78,1985	15,4	69	322,9036	77,7064	15,13
20	324,4598	78,0508	15,47	70	328,6009	77,7145	16,39
21	322,3169	78,6527	15	71	324,7435	77,1197	15,53
22	320,0663	78,2472	14,5	72	328,0778	78,4847	16,27
23	328,9619	78,7213	16,47	73	326,5184	78,0733	15,93
24	322,7533	78,4889	15,09	74	332,8971	77,1971	17,34
25	318,3185	78,0753	14,11	75	331,9104	76,9272	17,12
26	322,4624	79,101	15,03	76	324,6823	78,1149	15,52
27	324,7394	78,0392	15,53	77	331,1322	77,8102	16,95
28	326,4006	78,0862	15,9	78	320,9082	77,6915	14,69
29	328,766	77,1871	16,42	79	322,2642	78,5175	14,99
30	328,5121	77,6807	16,37	80	324,7398	77,9556	15,53
31	326,5018	78,4326	15,92	81	325,1981	77,9209	15,63
32	320,7606	77,7821	14,65	82	329,3763	78,6615	16,56
33	325,3488	77,7485	15,67	83	325,166	78,5053	15,63
34	323,9858	77,7161	15,37	84	324,3246	78,3682	15,44
35	322,7193	78,3398	15,09	85	318,3245	77,3109	14,12
36	324,4749	78,7404	15,47	86	317,9237	76,696	14,03
37	323,7865	77,7458	15,32	87	321,8534	77,9123	14,9
38	324,1292	78,6123	15,4	88	326,4759	77,4782	15,92
39	327,9135	78,3749	16,23	89	322,855	78,0693	15,12
40	321,1815	77,8327	14,75	90	328,4799	78,0478	16,36
41	325,1561	77,1507	15,63	91	321,7401	77,2564	14,87
42	326,6814	78,6509	15,96	92	324,6546	78,047	15,51
43	324,8597	78,3932	15,56	93	324,8003	77,9264	15,55
44	322,9534	78,6001	15,14	94	323,4338	78,0504	15,24
45	325,8827	78,2208	15,79	95	324,5096	78,8145	15,48
46	324,7338	78,5486	15,53	96	326,7207	77,6983	15,97
47	325,7683	77,8664	15,76	97	317,101	78,0015	13,84
48	326,4899	77,8886	15,92	98	330,5507	78,4016	16,82
49	323,7377	78,1919	15,31	99	328,8993	76,8503	16,45
50	326,8588	78,2756	16	100	320,7849	78,5323	14,66

## Algoritmus vytvořený v Matlabu<sup>®</sup> pro hodnocení III

```
clear, clc, close all
tic
name='.jpg';
O=10/547;
kal=0;
data=[];
for i=1:100
    I=imread([num2str(i) name]);
    %I=I(90:1790,530:2330,:);
    Ifin=I;
    Ib=I(:,:,2);
    Ib=imadjust(Ib);
    %figure,imshow(Ib)
    Ibw=im2bw(Ib,0.35);
    Ibwl=imclearborder(Ibw);
    Ibw2=bwareaopen(Ibwl,10000,8);
    Ibw3=imfill(Ibw2,'holes');
    L=bwlabel(Ibw3);
    S=regionprops(L,'Area','Perimeter');
    data=[data;i cat(1,S.Area)*kal*kal cat(1,S.Perimeter)*kal];
    se=[0 1 0;1 1 1; 0 1 0];
    Ie=imerode(Ibw3,se);
    Ir=Ibw3-Ie;
    [r s]=find(Ir==1);
    for j=1:length(r)
        Ifin(r(j),s(j),1)=255;
        Ifin(r(j),s(j),2)=0;
        Ifin(r(j),s(j),3)=0;
    end
    %figure,imshow(Ifin)
    IM2 = imopen(Ibw2,ones(5));
    IM2=imfill(IM2,'holes');
    BW2 = bwmorph(IM2,'remove');
    [r s]=find(BW2==1);
    figure,imshow(BW2)
end
toc
```



Tab.C2: Výpočet plochy S [cm<sup>2</sup>], obvodu O [cm], DC [%] – hodnocení III, hodnocení IIIa

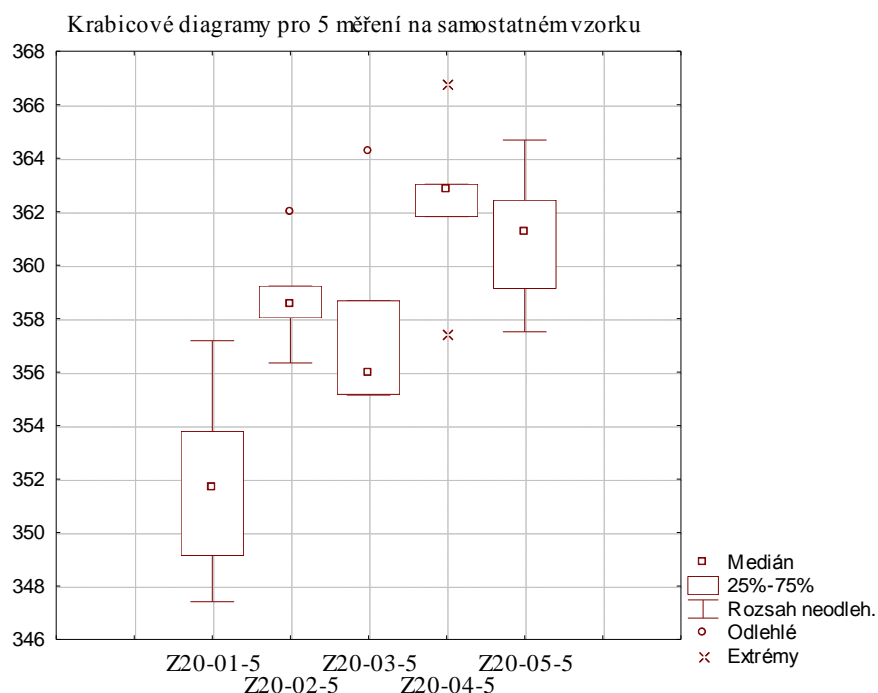
č. měření	plocha[cm <sup>2</sup> ]	obvod[cm]	DC[%]	č. měření	plocha[cm <sup>2</sup> ]	obvod[cm]	DC[%]
1	345,5481	107,2096	20,13	51	353,2063	97,6128	21,83
2	357,6627	106,7803	22,81	52	357,8923	99,0358	22,86
3	347,4424	97,1435	20,55	53	352,6251	92,2722	21,7
4	352,2123	98,0468	21,61	54	350,4888	98,0429	21,23
5	352,2815	97,9176	21,62	55	358,2342	95,7457	22,94
6	360,2759	96,3201	23,39	56	348,2211	99,5858	20,72
7	353,4205	99,2098	21,87	57	346,2152	98,3944	20,28
8	347,4404	96,9987	20,55	58	347,3024	96,1935	20,52
9	349,5664	100,8013	21,02	59	350,2919	98,6344	21,18
10	353,5963	101,0975	21,91	60	351,2622	100,4439	21,4
11	353,0118	98,561	21,78	61	351,3069	100,5455	21,41
12	352,6739	96,6175	21,71	62	351,0787	101,9176	21,36
13	354,7443	97,2853	22,17	63	354,3065	103,6734	22,07
14	350,8561	103,0554	21,31	64	354,3065	103,6734	22,07
15	347,5624	101,0124	20,58	65	357,7556	96,4668	22,83
16	353,0663	101,9026	21,79	66	349,3408	98,844	20,97
17	349,5089	100,2451	21,01	67	347,6219	95,4128	20,59
18	347,7248	100,1245	20,61	68	347,5728	97,1293	20,58
19	353,7845	103,5534	21,95	69	349,8294	93,2244	21,08
20	346,8265	103,5365	20,42	70	348,8879	101,3184	20,87
21	350,3397	98,0583	21,19	71	350,5052	96,2345	21,23
22	348,3258	102,0294	20,75	72	353,9145	91,2069	21,98
23	348,9471	98,6326	20,88	73	355,1304	103,1973	22,25
24	346,5517	98,3086	20,35	74	348,7058	99,9429	20,83
25	352,586	100,6372	21,69	75	352,8016	98,5554	21,74
26	353,6705	99,2678	21,93	76	355,7129	97,7647	22,38
27	348,6636	98,1163	20,82	77	356,7597	96,2354	22,61
28	350,1292	97,5966	21,15	78	353,8704	97,5339	21,97
29	348,6934	100,7559	20,83	79	352,1833	98,127	21,6
30	348,5771	98,9598	20,8	80	354,997	95,8117	22,22
31	353,1204	99,1231	21,81	81	355,1618	96,9031	22,26
32	348,7759	98,2145	20,85	82	355,0348	96,8628	22,23
33	351,4169	97,1881	21,43	83	348,7525	100,1934	20,84
34	351,4781	98,9941	21,44	84	351,069	97,2041	21,35
35	353,9783	96,713	22	85	353,6742	98,8593	21,93
36	353,463	95,7253	21,88	86	352,1906	97,6709	21,6
37	350,8146	97,477	21,3	87	352,5646	98,602	21,68
38	349,1085	106,0521	20,92	88	351,573	99,5632	21,46
39	351,7067	98,8211	21,49	89	352,0426	97,231	21,57
40	350,808	104,3265	21,3	90	355,7928	98,5852	22,4
41	351,5827	97,8671	21,47	91	356,2821	96,7951	22,51
42	350,8952	98,5201	21,31	92	358,4281	100,2639	22,98
43	350,298	100,6817	21,18	93	349,8972	100,0419	21,09
44	346,8278	99,7088	20,42	94	351,7137	98,1897	21,5
45	350,5516	99,4015	21,24	95	361,4246	95,8896	23,64
46	349,3668	95,2635	20,98	96	352,3617	98,7893	21,64
47	353,5335	102,9299	21,9	97	351,3688	98,6869	21,42
48	349,7204	100,7267	21,06	98	351,9189	103,8755	21,54
49	346,7633	97,9411	20,4	99	350,9233	99,7645	21,32
50	351,3514	99,6146	21,42	100	356,4475	97,5325	22,54

Tab.C3: Výpočet plochy S [cm<sup>2</sup>], obvodu O [cm], DC [%] – hodnocení IIIb

č. měření	plocha[cm <sup>2</sup> ]	obvod[cm]	DC[%]	č. měření	plocha[cm <sup>2</sup> ]	obvod[cm]	DC[%]
1	355,513	92,1146	22,34	51	360,3573	92,1342	23,41
2	357,8373	91,9788	22,85	52	355,3253	92,1387	22,29
3	358,5441	90,4037	23,01	53	353,3952	91,7048	21,87
4	349,1187	93,488	20,92	54	354,9647	94,5239	22,21
5	355,2677	91,674	22,28	55	354,0816	93,1295	22,02
6	353,381	92,3162	21,86	56	355,6999	91,7231	22,38
7	354,6769	92,9227	22,15	57	351,6608	92,0806	21,48
8	354,6875	93,0216	22,15	58	357,7151	92,0107	22,82
9	360,0163	93,8853	23,33	59	357,9666	91,1499	22,88
10	352,9195	92,8687	21,76	60	348,0354	92,5397	20,68
11	352,505	92,057	21,67	61	348,3392	93,0039	20,75
12	354,304	92,9451	22,07	62	348,9893	92,9229	20,89
13	358,3962	90,6665	22,97	63	352,6245	93,173	21,7
14	354,8399	93,3558	22,19	64	355,9666	93,4428	22,44
15	350,7759	93,6263	21,29	65	355,0888	91,4396	22,24
16	354,5608	91,5519	22,13	66	352,5687	91,64	21,68
17	354,947	91,9205	22,21	67	349,3994	93,6805	20,98
18	354,7185	91,0613	22,16	68	349,7706	93,4975	21,07
19	354,0807	93,5944	22,02	69	356,1145	93,4442	22,47
20	357,2926	92,5374	22,73	70	363,5151	92,3815	24,1
21	352,6662	92,6131	21,71	71	353,5307	90,9141	21,9
22	355,9205	92,6737	22,43	72	356,2677	92,1671	22,5
23	354,6645	92,4642	22,15	73	358,1154	92,7523	22,91
24	359,142	92,4916	23,14	74	350,2524	92,0693	21,17
25	354,2676	92,6251	22,06	75	348,457	92,8838	20,78
26	353,544	92,79	21,9	76	351,1302	93,508	21,37
27	351,9753	92,3491	21,55	77	352,6281	93,4662	21,7
28	354,8585	93,3894	22,19	78	360,8321	92,178	23,51
29	351,4119	91,8767	21,43	79	351,2773	91,7215	21,4
30	362,8118	91,2097	23,95	80	354,6981	91,3081	22,16
31	356,4768	91,4864	22,55	81	353,7326	92,0963	21,94
32	352,9487	93,2517	21,77	82	355,3828	93,8903	22,31
33	353,0869	93,8397	21,8	83	356,5946	92,0353	22,57
34	351,6263	93,6689	21,48	84	352,2897	92,8886	21,62
35	353,3243	92,8056	21,85	85	357,6832	93,6474	22,82
36	353,8726	93,1122	21,97	86	354,5865	93,9697	22,13
37	353,1153	92,6216	21,81	87	356,0932	91,8722	22,46
38	356,0631	93,6061	22,46	88	358,6983	92,5837	23,04
39	351,1444	92,9708	21,37	89	350,0726	91,7071	21,13
40	356,7133	94,1849	22,6	90	354,4351	94,0188	22,1
41	353,947	92,2458	21,99	91	349,0682	91,8154	20,91
42	359,8445	92,4575	23,29	92	354,7654	92,9396	22,17
43	361,2395	90,3796	23,6	93	356,8603	92,0555	22,63
44	352,3765	91,4521	21,64	94	353,3686	92,3728	21,86
45	351,6901	93,7466	21,49	95	354,2703	91,8751	22,06
46	356,5857	91,4984	22,57	96	352,6405	93,7406	21,7
47	349,519	92,9294	21,01	97	359,4087	93,4123	23,2
48	359,3839	93,2697	23,19	98	355,1215	91,7101	22,25
49	356,3297	91,2563	22,52	99	355,5644	91,8351	22,35
50	354,2916	92,1146	22,07	100	348,5907	94,0556	20,81

## PŘÍLOHA D

Obr.D1: Krabicové diagramy pro 5 měření na samostatném vzorku



Tab.D1: Výpočet plochy  $S$  [cm<sup>2</sup>], obvodu  $O$  [cm], DC [%] – hodnocení III, 5 krát samostatný vzorek

Z20-1-5	plocha [cm <sup>2</sup> ]	obvod [cm]	DC [%]
1	349,1403	89,7841	20,93
2	347,4121	89,3329	20,54
3	353,7837	89,5837	21,95
4	357,174	88,9285	22,7
5	351,6888	89,5221	21,49

Tab.D2: Výpočet plochy  $S$  [cm<sup>2</sup>], obvodu  $O$  [cm], DC [%] – hodnocení III, 5 krát samostatný vzorek

Z20-2-5	plocha [cm <sup>2</sup> ]	obvod [cm]	DC [%]
1	358,0238	89,5571	22,89
2	359,216	88,7739	23,15
3	358,5428	87,4889	23,01
4	356,343	88,7176	22,52
5	361,9895	89,5403	23,77

Tab.D3: Výpočet plochy S [cm<sup>2</sup>], obvodu O [cm], DC [%] – hodnocení III, 5 krát samostatný vzorek

<b>Z20-3-5</b>	<b>plocha [cm<sup>2</sup>]</b>	<b>obvod [cm]</b>	<b>DC [%]</b>
<b>1</b>	355,1445	90,1923	22,25
<b>2</b>	364,2574	89,7373	24,27
<b>3</b>	355,1669	89,1821	22,26
<b>4</b>	355,9665	89,7919	22,44
<b>5</b>	358,6674	89,516	23,03

Tab.D4: Výpočet plochy S [cm<sup>2</sup>], obvodu O [cm], DC [%] – hodnocení III, 5 krát samostatný vzorek

<b>Z20-4-5</b>	<b>plocha [cm<sup>2</sup>]</b>	<b>obvod [cm]</b>	<b>DC [%]</b>
<b>1</b>	357,4438	90,1923	22,76
<b>2</b>	366,7969	89,7373	24,83
<b>3</b>	361,8174	89,1821	23,73
<b>4</b>	363,0266	89,7919	24
<b>5</b>	362,833	89,516	23,95

Tab.D5: Výpočet plochy S [cm<sup>2</sup>], obvodu O [cm], DC [%] – hodnocení III, 5 krát samostatný vzorek

<b>Z20-5-5</b>	<b>plocha [cm<sup>2</sup>]</b>	<b>obvod [cm]</b>	<b>DC [%]</b>
<b>1</b>	357,5092	88,0548	22,78
<b>2</b>	362,4278	88,5968	23,86
<b>3</b>	359,1255	88,5154	23,13
<b>4</b>	364,6805	87,7166	24,36
<b>5</b>	361,2455	89,271	23,6